مَوسُوعَةُ الالكترُونيَاتِ الصّناعِيَةِ العَمَليَةِ ١

المَدخَلُ العَمَلِيّ للإلكترونيَّات الصّنَاعِيَّة

م. أحمد عبد المتعال



المدخل العملي

للإلكترونيات الصناعية


بسم الله الرحمن الرحيم

موسوعة الإلكترونيات الصناعية العملية - ١

المدخل العملي للإلكترونيات الصناعية

إعداد

م. أحمد عبد المتعال

الكتـــــاب : المدخل العملي للإلكترونيات الصناعية
(موسوعة الإلكترونيات الصناعية العملية-١)

المؤلـــــف : م. أحمد عبد المتعال

رقـم الطبعــة : الأولى

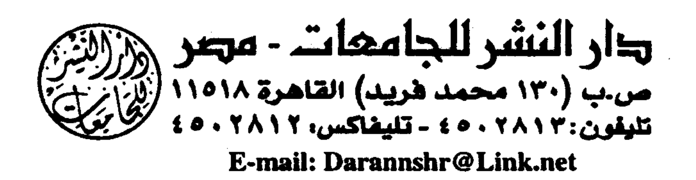
تاريخ الإصدار : ١٤٢٦هـ - ٢٠٠٥م

الناشـــــر : دار النشر للجامعات

رقـم الإيـداع : ١٣٠٧٩/ ٢٠٠٤

الترقيم الدولي : I.S.B.N: 977- 316 -131- 5

الكـــــود : ٢٩/ ٢



E-mail: Darannshr@Link.net

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ (١٥) ﴾

[الأحقاف] .

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر **للدكتور/ خالد السيد صالح** - الأستاذ بكلية الهندسة جامعة عين شمس قسم القوى والآلات الكهربية .

وكذلك أتقدم بخالص الشكر **للمهندس/ حمدى السيد متولى** .

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساهم معنا في إعداد هذا الكتاب وجزاهم الله خير الجزاء .

المؤلف



المحتويات

الموضوع — الصفحة

الباب الأول

أساسيات

الباب الثانى

العناصر الإلكترونية الشائعة الاستخدام

الباب الثالث

الإلكترونيات الرقيمة

الباب الرابع

مكبرات العمليات

الباب الخامس

المذبذبات والمؤقتات الزمنية

الباب السادس

مصادر القدرة المستمرة

الباب السابع

التضمين بالنبضات

الباب الثامن

تنفيذ الدوائر الإلكترونية

الباب الأول

أســاســيات

أساسيات

١ / ١ - الوحدات العالمية SI :

إن نظام الوحدات العالمية SI يبنى على الوحدات الأساسية الموضحة بالجدول (١-١).

الجدول (١-١)

الكمية	الوحدة	الاختصار
التيار	Ampere	A
الطول	Metre	M
شدة الضوء	Candela	Cd
الكتلة	Kilogramme	Kg
درجة الحرارة	Degree Kelvin	°K
الزمن	Second	S

أما باقى الوحدات فإنها تشتق من الوحدات العالمية الأساسية . وبعض الوحدات المشتقة تبقى كما هى والآخر يتغير اسمه . والجدول (١-٢) يبين الوحدات المشتقة والمستخدمة فى الهندسة الكهربية والإلكترونية .

الجدول (١-٢)

الكمية	الوحدة	الاختصار	الوحدة المكافئة
السعة	Farad	F	ASV^{-1}
الشحن	Coulomb	C	A.S
الطاقة	Joule	J	Nm
القوة	Newton	N	$KgmS^{-1}$
التردد	Hertz	HZ	S^{-1}
الحث	Henry	H	VSA^{-1}
الجهد	Volt	V	WA^{-1}
القدرة	Watt	W	JS^{-1}
المقاومة	Ohm	Ω	VA^{-1}

١ / ٢ - المضاعفات والأجزاء :

في كثير من التطبيقات تكون الوحدة الأساسية أو المشتقة إما كبيرة جدا أو صغيرة جدا، مما يستدعى استخدام مضاعفات لهذه الوحدات أو أجزاء من هذه الوحدات، وذلك للتقليل من عدد الأصفار المستخدمة والجدول (١-٣) يبين أهم المضاعفات والأجزاء المستخدمة.

الجدول (١-٣)

المضاعف أو الجزء	الوحدة	المدلول
تيرا	T	10^{12}=1000000000000
جيجا	G	10^{9}=1000000000
ميجا	M	10^{6}=1000000
كيلو	K	10^{3}=1000
سنتى	C	10^{-2}=0.01
ملى	m	10^{-3}=0.001
ميكرو	µ	10^{-6}=0.000001
نانو	n	10^{-9}=0.000000001
بيكو	P	10^{-12}=0.000000000001

مثال : الجدول (١-٤) يعرض قيماً لبعض الكميات الكهربية واختصاراتها.

الجدول (١-٤)

الكمية	القيمة المختصرة	القيم قبل الاختصار
تردد موجه	3.5KHZ	3500HZ
المقاومة	1.5MΩ	1500000Ω
سعة مكثف	100nF	0.000000100F
شدة تيار	35µA	0.000035A
حث ملف	30mH	0.030H

١ / ٣ – قانون أوم Ohm's Law :

قانون «أوم» يعطى العلاقة بين فرق الجهد V وبين طرفى مقاومة R يمر فيها تيار شدته I، وهو كالآتى:

$V= I.R\ (V) \rightarrow 1.1$

حيث إن:

فرق الجهد بالفولت (V)	V
المقاومة بالأوم (Ω)	R
التيار بالأمبير (A)	I

فإذا كان فرق الجهد بين طرفى مقاومة مقدارها 1.2KΩ هو 12V فإن شدة التيار هى:

$I=V/R$

$=12/1.2*1000 = 0.01A$

١ / ٤ – القدرة المستهلكة Consumed Power :

عند مرور تيار كهربى I فى مقاومة R تتولد كمية من الحرارة، وهذه الحرارة تمثل القدرة المستهلكة فى هذه المقاومة، وتعرف من العلاقة التالية:

$P = 1^{2}R\ (W) \rightarrow 1.2$

فمثلا: إذا مر تيار شدته 5A فى مقاومة مقدارها 1Ω فإن القدرة المستهلكة فى هذه المقاومة تساوى:

$P=(5)^{2}X1= 25W$

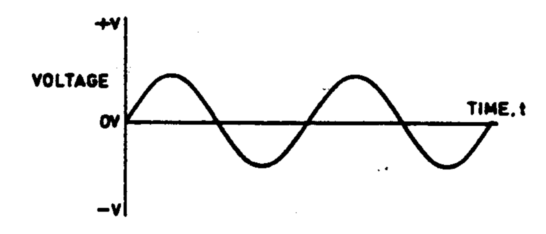
١ / ٥ – التيار المستمر والتيار المتردد Direct and Alternating Current :

التيار المستمر: هو التيار الذى يمر فى اتجاه واحد، وذلك من النقطة الأعلى جهدا إلى النقطة الأقل جهدا، علما بأن اتجاه مرور الإلكترونيات هو عكس اتجاه مرور التيار، وأهم مصادر التيار المستمر البطاريات؛ وذلك لأن قطبيتها ثابتة بصفة مستديمة.

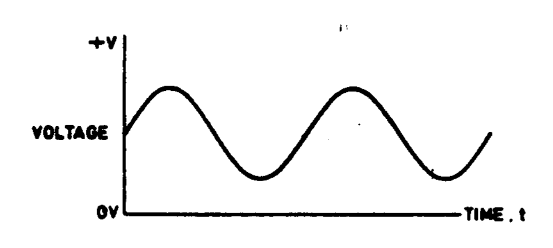
أما التيار المتردد: فهو التيار الذى يمر فى اتجاهين، فيمر فى الاتجاه الأول لفترة

زمنية معينة، ثم بعد ذلك يمر فى الاتجاه العكسى لفترة زمنية أخرى، ويتكرر ذلك طول فترة مرور التيار المتردد. وقد يتساوى زمن مرور التيار فى الاتجاهين الأمامى والعكسى، وقد يختلف. وهذا يعتمد على شكل موجة التيار، علما بأن قطبية مصدر التيار المتردد تتغير تتابعيا بصفة مستديمة.

والشكل (١-١) يبين موجة جهد كهربى متردد (أ)، لأن قيمته تتغير من موجب إلى سالب من لحظة لأخرى، وموجة جهد مستمر(ب)، لأن قيمته موجبة باستمرار.



أ



ب

شكل (١-١)

١ / ٦ - الموجات Wave forms :

يطلق لفظ «موجة» على منحنى الجهد أو التيار ذات القيم المتغيرة بمرور الزمن. وهناك أنواع كثيرة من الموجات التى سنتعامل معها فى الدوائر الإلكترونية، أشهرها مبينة بالشكل (١-٢) وهى كما يلى:

موجة جيبية — أ

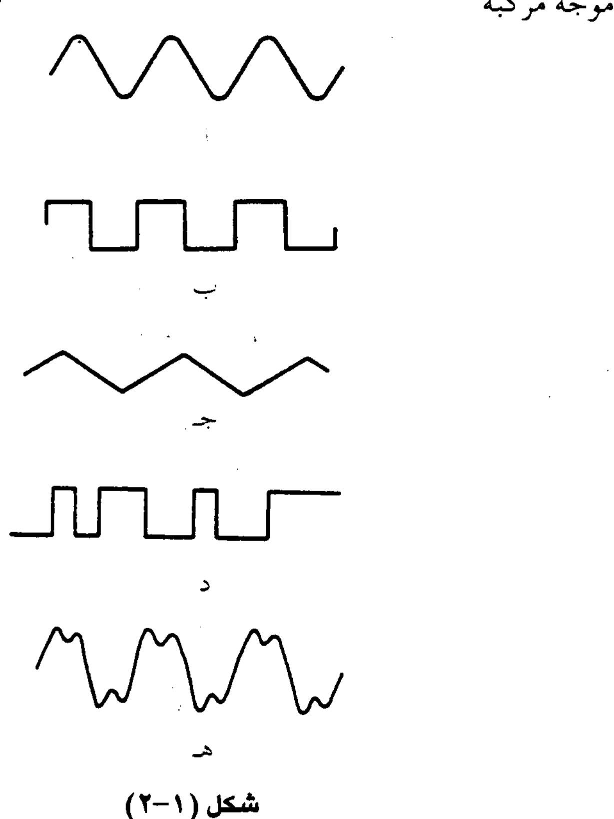
موجة مربعة ذات زمن دورى ثابت — ب

موجة مثلثة — جـ



موجة مربعة ذات زمن دورى متغير   د

موجة مركبة   هـ



شكل (١-٢)

١ / ٧ - التردد والزمن الدورى : Frequency and Periodic Time

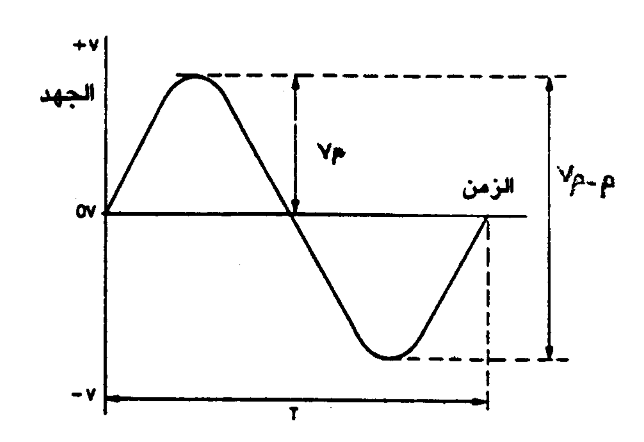
التردد : هو عدد الدورات التى تتكرر خلال فترة زمنية محددة. ويقاس التردد بوحدة الهيرتز (HZ)وتعرف وحدة الهيرتز بأنها دورة واحدة فى الثانية، فى حين يعرف التردد بأنه عدد الدورات الكاملة فى الثانية الواحدة. فإذا قيل إن تردد موجة هو 50HZ يعنى أن عدد الدورات فى الثانية هو 50.

والشكل (١-٣) يبين شكل دورة واحدة من موجة جيبية.

ويلاحظ أنه خلال هذه الدورة فإن قيمة الجهد قد ارتفعت من 0 إلى V+ ثم انخفضت إلى 0 ثم استمرت فى الانخفاض إلى أن أصبحت V- ثم ازدادت حتى أصبحت 0V. وبعد ذلك تتكرر الدورة من جديد وهكذا.

أما الزمن الدورى: فيعرف بأنه زمن الدورة الواحدة، ويساوى مقلوب التردد:

$T=1/f \quad (s) \rightarrow \quad 1.3$



شكل (١-٣)

١ / ٨ - خواص الموجات الجيبية:

إن الجهد المتولد من محطات الكهرباء عادة جهد جيبى، أى يخضع لخواص الموجات الجيبية، لذلك يجب علينا معرفة أهم خواص الموجات الجيبية لكثرة التعامل معها والموضحة بالشكل (١-٣).

وتوجد عدة مصطلحات فنية كثيرا ما تستخدم مع الموجات الجيبية، سواء للجهد أو التيار وهى كما يلى:

القيمة المتوسطة (Va)	Average value
القيمة العظمى (Vp)	Peak value
قيمة القمة للقمة (Vp-p)	Peak - peak value
القيمة الفعالة (Vr.m.s)	R.M.S value

وفيما يلى العلاقة بين هذه القيم بأخذ القيمة الفعالة كأساس:

$Va = 0.9 \ Vr.m.s$

$Vp = 1.414 \ Vr.m.s$

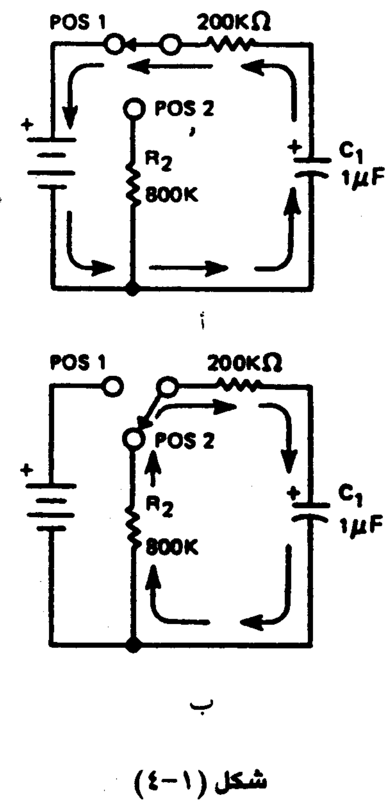
Vp-p = 2.828 Vr.m.s

وعادة فإننا نتعامل مع القيمة الفعالة فى دوائر التيار المتردد، وذلك لأن أجهزة القياس تقرأ القيمة الفعالة فى دوائر التيار المتردد. بينما نتعامل مع القيمة المتوسطة فى دوائر التيار المستمر، وذلك لأن أجهزة القياس تقرأ القيمة المتوسطة فى دوائر التيار المستمر.

١ / ٩ - دائرة المقاومة والمكثف:

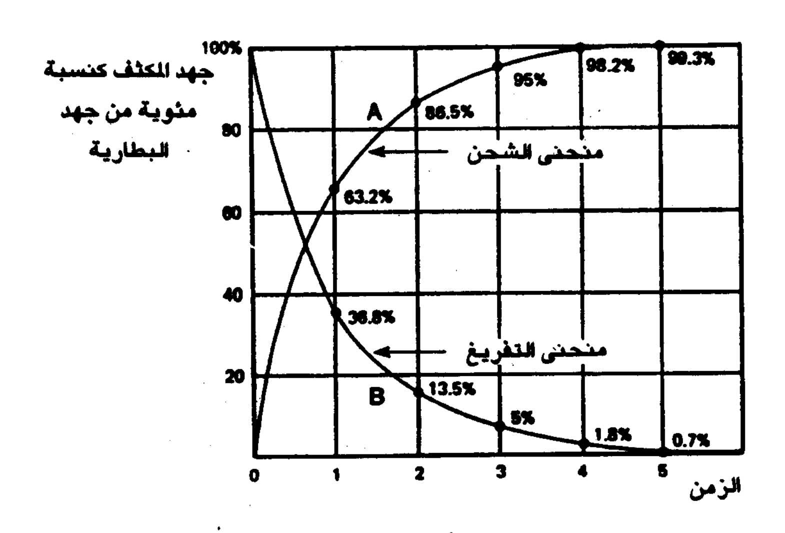
الشكل (١ - ٤) يعرض دائرة تحتوى على مقاومتين R2 و R1 ومفتاح قطب واحد بسكتين S1 ومكثف C1، وبطارية A فى حالتين: الحالة الأولى (أ) عندما يكون S1 على POS1 وفيها تقوم البطارية A بشحن المكثف C1، والحالة (ب) عندما يكون S1 على POS2، وفيها يقوم المكثف بتفريغ شحنته فى المقاومة R1.

ويعرف شكل منحنى الجهد مع الزمن على أطراف المكثف فى الحالة (أ) بمنحنى الشحن Charging curve فى حين يعرف شكل منحنى الجهد مع الزمن على أطراف المكثف فى الحالة (ب) بمنحنى التفريغ discharging curve.



شكل (١-٤)

والشكل (١ - ٥) يبين شكل منحنى الجهد على أطراف المكثف فى الحالتين أ،ب .



شكل (١-٥)

ويقدر الزمن اللازم لصعود الجهد على أطراف المكثف C من 0V إلى جهد البطارية V بخمس مرات ثابت الزمن، ويعرف ثابت الزمن من المعادلة التالية :

$t_r = R_1C_1$ (S) ⟶ 1.4

$= 200 X 1000 X 0.000001$

$= 0.2S$

أى أن فرق الجهد على أطراف المكثف سيكون مساويا لجهد البطارية بعد مرور (5X0.2=1S) من لحظة وضع المفتاح S1 على POS1. بينما يقدر الزمن اللازم لهبوط الجهد على أطراف المكثف من جهد البطارية Vإلى الصفر فى الحالة (ب) بخمس مرات من ثابت الزمن للدائرة (ب)، ويعرف ثابت الزمن من المعادلة التالية :

$t_d = R_1C_1$ (S) ⟶ 1.5

$t_d = 800 x 1000 x 0.000001 = 0.8S$

أى أن فرق الجهد على أطراف المكثف سيهبط للصفر خلال فترة زمنية مقدارها (5 x 0.8 = 4S) من لحظة وضع المفتاح S1 على POS2. وتستخدم دوائر المكثفات والمقاومات عادة فى دوائر التوقيت الزمنية ودوائر تشكيل النبضات.

١ / ١٠ - دائرة المقاومة والملف :

الشكل (١-٦) يعرض دائرة تحتوى على مقاومة R وملف L وبطارية ومفتاح S1.

فعند وضع المفتاح S1 على الوضع 2 فإن فرق الجهد على أطراف الملف L سيكون مساويًا لجهد البطارية فى البداية، ويتناقص وصولاً للصفر فى فترة زمنية تساوى خمس مرات ثابت الزمن، والذى يعرف من المعادلة التالية :

$$t = L/R\ (S) \longrightarrow 1.6$$

$$= \frac{0.02}{10} = 0.002S = 2mS$$

أى أن فرق الجهد على أطراف الملف سيكون مساويًا للصفر بعد 10mS من لحظة غلق المفتاح S1 فى حين يزداد التيار المار فى الدائرة من الصفر إلى أقصى قيمة له وتساوى :

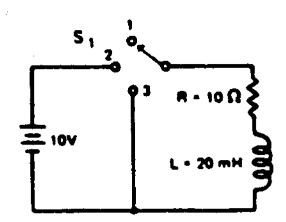
$$Imax = \frac{E}{R} = \frac{10}{10} = 1A$$

حيث إن :

أقصى قيمة للتيار	Imax
جهد البطارية	E

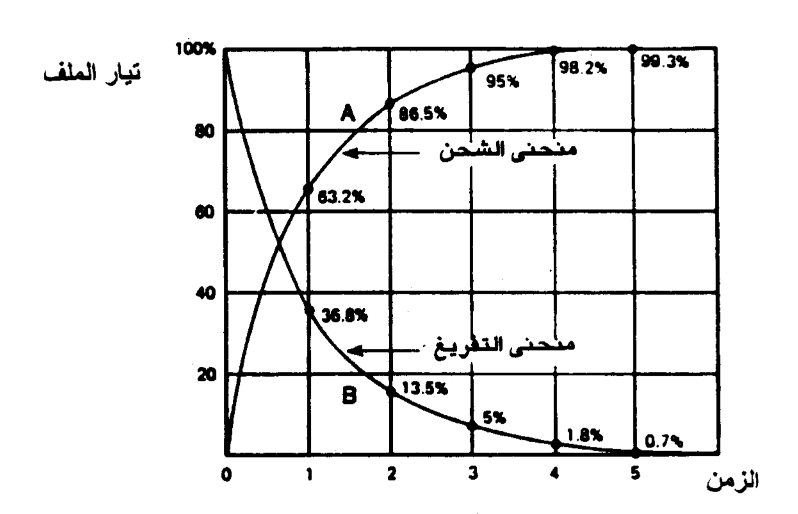
وذلك بعد فترة زمنية تساوى خمس مرات من ثابت الزمن، أى بعد 10mS أيضا.

وعند وضع المفتاح S1 على الوضع 3 فإن الجهد على أطراف الملف سوف يزداد من الصفر إلى جهد البطارية، أى 10V فى خلال فترة زمنية تساوى خمس مرات الزمن، أى 10mS بينما يتناقص التيار المار فى الدائرة من 1A إلى الصفر فى فترة زمنية تساوى خمس مرات ثابت الزمن، أى 10mS.



شكل (١ - ٦)

والشكل (١ - ٧) يبين منحنى التيار المار فى الدائرة لحظة وضع المفتاح على الوضع 2 ويسمى بمنحنى الشحن Charging curve، وكذلك منحنى التيار المار فى الدائرة لحظة وضع المفتاح S1 على الوضع 3 ويسمى بمنحنى التفريغ Discharging curve.

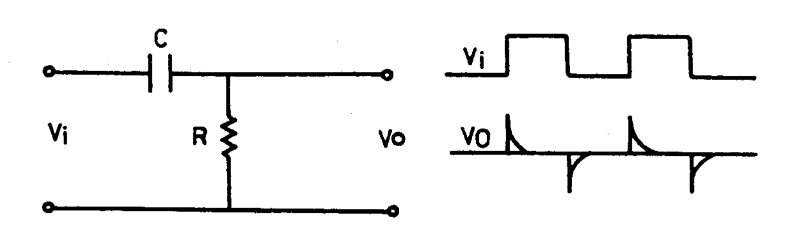


شكل(١ - ٧)

١ / ١١ - المفاضلات والمكاملات ذات المقاومة والمكثف :

يمكن بناء دائرة مفاضل بسيط من مقاومة ومكثف كما بالشكل (١-٨) فعند دخول موجة مربعة عند دخله فإن خرجه يصبح نبضات موجبة فى مقابلة الحافة

الصاعدة لنبضة الدخل (انتقال جهد الدخل من قيمة منخفضة لقيمة عالية) ونبضة سالبة فى مقابلة الحافة الهابطة لنبضة الدخل (انتقال جهد الدخل من قيمة عالية لقيمة منخفضة).

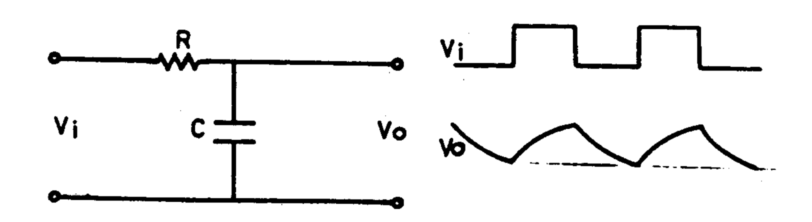


شكل (١ - ٨)

والجدير بالذكر أن خرج المفاضل هو عبارة عن مفاضلة موجة الدخل، وحتى نحصل على مفاضلة جيدة يجب أن يكون ثابت الزمن لهذه الدائرة (RC) أصغر بكثير من زمن نبضة الدخل.

وكذلك يمكن بناء مكامل بسيط من مقاومة ومكثف كما بالشكل (١ - ٩) فعند دخول موجة مربعة عند دخلها يكون خرجها موجة مثلثة.

والجدير بالذكر أن خرج المكامل RC هو عبارة عن تكامل لموجة الدخل.



شكل (١ - ٩)

١ / ١٢ - المرشحات الخاملة Passive Filters :

تكون الجهود فى الدوائر الإلكترونية - عادة- مؤلفة من مجموعة من الموجات لكل منها تردد معين، وقد يستلزم الأمر ترشيح هذه الموجات للحصول على تردد معين أو نطاق معين من الترددات، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام المرشحات الخاملة.

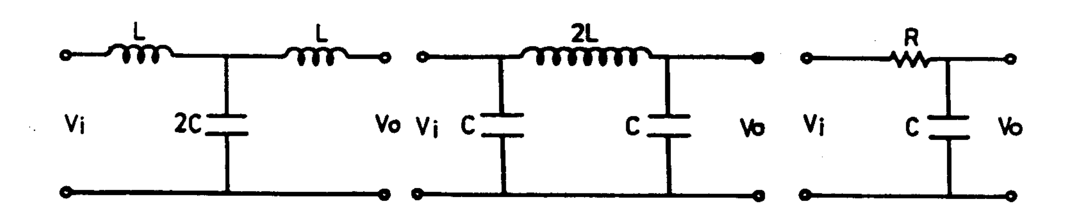
فالشكل (١ - ١٠) يبين مرشحا لتمرير الترددات المنخفضة، حيث يسمح هذا المرشح بإمرار الترددات المنخفضة فقط، ويكون تردد القطع Fc، وهو التردد الذى يهبط عنده جهد الخرج إلى 0.707 من جهد الدخل، ويعمل المرشح على منع إمرار الترددات الأكبر من تردد القطع Fc. ففى الشكل (أ) يساوى:

$$Fc=\frac{1}{2\pi RC} \quad (HZ) \longrightarrow 1.7$$

وفى الشكل،(ب)، (جـ) يساوى:

$$Fc=\frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}} \quad (HZ) \longrightarrow 1.8$$

حيث إن C بالفاراد، R بالأوم، L بالهنرى.



شكل (١ - ١٠)

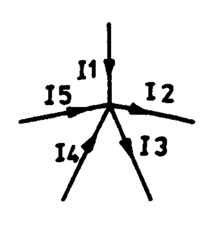
١ / ١٣ - قوانين كيرشوف Kirchhoff's Laws :

أولا: قانون كيرشوف للتيار:

وينص على أن مجموع التيارات الداخلة عند نقطة تفرع يساوى مجموع التيارات الخارجة.

وبتطبيق قانون كيرشوف على نقطة التفرع المبينة بالشكل (١ - ١١) فإن:

$$I_2 + I_3 = I_1 + I_4 + I_5$$



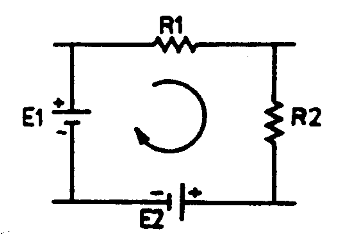
شكل (١-١١)

ثانيا: قانون كيرشوف للجهد:

فى أى مسار مغلق لدائرة كهربية فإن مجموع الجهود المفقودة تساوى مجموع الجهود المعطاة.

ففى الشكل (١ – ١٢) دائرة بسيطة تحتوى على مصدرين، جهد مستمر E_2 وE_1 ومقاومتين R_2 وR_1. ولتعيين العلاقة بين الجهود والمقاومات والتيار نفرض اتجاها للتيار فى اتجاه عقارب الساعة مثلا، فيكون $E_1 - E_2 = I\ (R_1+R_2)$

حيث إن الجهد E_2 بالسالب، لأن اتجاه التيار المفروض هو عكس اتجاه التيار الخارج من البطارية E_2.



شكل (١-١٢)

١ / ١٤ – أجهزة القياس المتعددة الوظائف:

يوجد عدة أنواع من الأجهزة المستخدمة لقياس الكميات الكهربية، فمثلا جهاز الفولتميتر يستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين، ويوصل بالتوازى كما بالشكل (١ – ١٣أ).

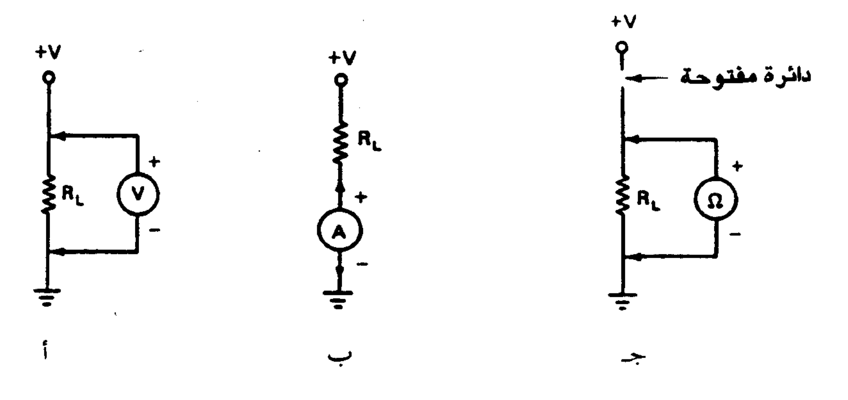
أما جهاز الأميتر فيستخدم لقياس شدة التيار المار فى الدائرة ويوصل بالتوالى كما بالشكل (١ - ١٣ب).

وجهاز الأوميتر يستخدم لقياس المقاومة ويوصل مع المقاومة المراد قياس قيمتها على التوازى، وذلك بعد رفع المقاومة من الدائرة الكهربية كما بالشكل (١ - ١٣جـ). وتجمع هذه الأجهزة الثلاثة فى جهاز واحد متعدد الوظائف يعرف بالآفوميتر AVO meter ، **ويوجد نوعان لهذا الجهاز فى الأسواق وهما :**

١ - جهاز آفوميتر بمؤشر Analog AVO meter.

٢ - جهاز آفوميتر رقمى Digital AVO meter.

وسوف نتناول هذين النوعين فى الفقرات القادمة.



شكل (١ - ١٣)

١ / ١٤ / ١ - جهاز الآفوميتر ذات المؤشر Analog AVO meter :

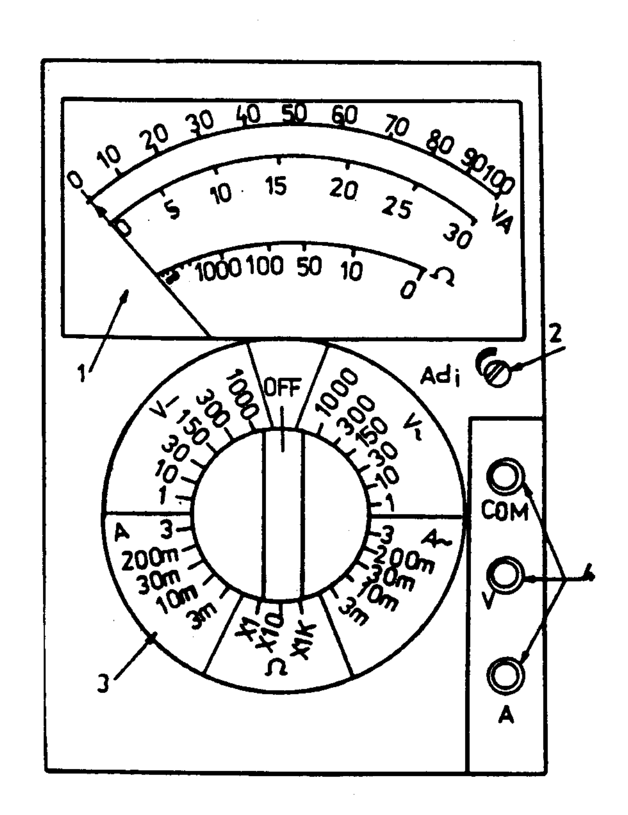
الشكل (١ - ١٤) يعرض نموذجا لأحد أجهزة الآفوميترات ذات المؤشر المتوفرة فى الأسواق.

محتويات الجهاز:

1 : التدريج : ويحتوى على ثلاثة تدريجات : التدريج (0-100) والتدريج (0-30)، وهذان التدريجان مخصصان لقياس الجهد والتيار، وتدريج ثالث لقياس المقاومة (0-∞).

2 : مفتاح ضبط المؤشر على الصفر AdJ، ويستخدم هذا المفتاح لمعايرة الجهاز عند استخدامه كأوميتر، وذلك لتعويض انخفاض جهد بطارية الجهاز .

3: مفتاح الاختبار، ويستخدم هذا المفتاح لاختيار وظيفة الجهاز (قياس جهد متردد~V، قياس جهد مستمر -V، قياس مقاومة Ω، قياس تيار مستمر -A، قياس تيار متردد ~A) وأيضا اختيار أقصى قراءة للجهاز .



شكل (١ - ١٤)

4 : أطراف التوصيل، وهى ثلاثة أطراف (طرف مشترك COM، وطرف للجهد والمقاومة V-Ω، وطرف للتيار A) .

طريقة استخدام الجهاز:

١ - عند استخدام الجهاز لقياس جهد متغير توصل كابلات الجهاز مع الطرفين COM، V-Ω ، ثم يوضع مفتاح الاختيار على وظيفة ~V على الوضع 1000V، ثم يوصل طرف الجهاز مع النقطتين المطلوب تعيين فرق الجهد بينهما، مع ضرب قراءة الجهاز فى النسبة (أقصى قراءة / أقصى تدريج) . فمثلا : إذا كانت قراءة الجهاز 22 على التدريج (0-100)، فإن قيمة فرق الجهد تساوى :

$$V= \frac{\text{أقصى قراءة}}{\text{أقصى تدريج}} \text{ x } \text{قراءة الجهاز} \longrightarrow 1.9$$

$$= \frac{100}{100} \text{ x } 22 = 220 \text{ V}$$

٢ - عند استخدام الجهاز لقياس الجهد المستمر نتبع نفس الخطوات المتبعة فى قياس الجهد المتغير عدا أنه يوضع مفتاح الاختيار على وظيفة -V .

٣ - عند استخدام الجهاز لقياس المقاومة توضع كابلات الجهاز على الطرفين V-Ω وCOMثم يوضع مفتاح الاختيار على وظيفة،Ω على الوضع X1، ثم نلمس كابلى الجهاز معا فيتحرك المؤشر من ∞ إلى 0، ويتم ضبط المؤشر على الصفر تماما بواسطة مفتاح AdJ، ثم بعد ذلك يوصل أطراف الجهاز مع طرفى المقاومة، ويستخدم التدريج (∞-0)، وقراءة الجهاز تمثل المقاومة، فإذا كان المؤشر يقترب من ∞ نغير وضع مفتاح الاختيار إلى وضع 10 x ونضرب قراءة الجهاز فى العدد 10 وهكذا.

مثال: إذا كانت قراءة الجهاز 3 وكان مفتاح الاختيار على الوضع (XK) فإن:

$$R=3xK=3K\Omega$$

٤ - عند استخدام الجهاز لقياس التيار المستمر توضع كابلات الجهاز على الطرفين A وCOM، ثم يوضع مفتاح الاختيار على وظيفة -A. فإذا كانت قراءة الجهاز 15 على التدريج (0-30)، وكان مفتاح الاختيار على الوضع 3A، فإن شدة التيار تساوى:

$$I = \text{القراءة} \times \frac{\text{أقصى قراءة}}{\text{أقصى تدريج}}$$

$$= \frac{3}{30} \times 15 = 1.5\ A$$

أما إذا كان مفتاح الاختيار على وضع 200mA، وكانت القراءة 35 على التدريج (100-0)، فإن شدة التيار تساوى:

$$I = \frac{200mA}{100} \times 35 = 70mA$$

٥ – عند استخدام الجهاز لقياس التيار المتردد نتبع نفس الخطوات المشروحة فى النقطة ٤، عدا أن مفتاح الاختيار يوضع على الوظيفة ~A .

١ / ١٤ / ٢ – جهاز الآفوميتر الرقمى Digital AVO meter:

الشكل (١ – ١٥) يعرض مسقطا أفقيا لنموذج لأحد أجهزة الآفوميتر الرقمية المتوفرة فى الأسواق.

محتويات الجهاز:

1 : شاشة رقمية.

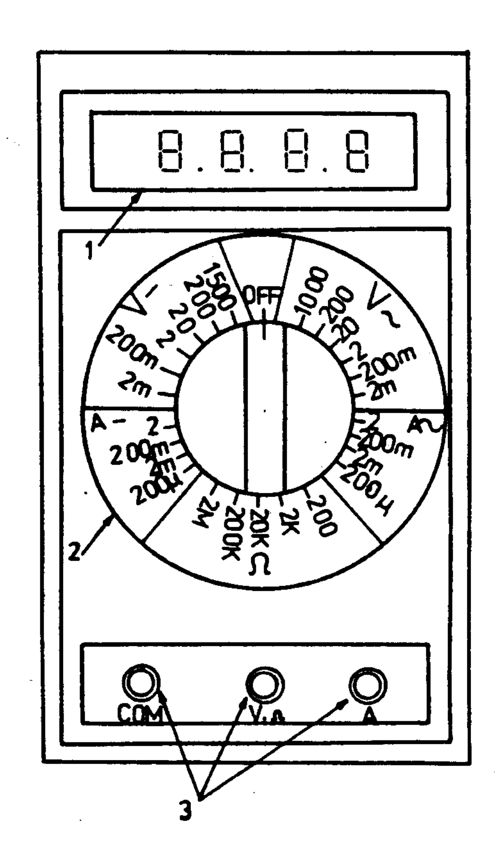
2 : مفتاح اختيار الوظيفة وأقصى قراءة للجهاز.

3 : أطراف التوصيل، وهى ثلاثة أطراف (طرف مشترك COM، وطرف للجهد والمقاومة V-Ω، وطرف للتيار A).

طريقة استخدام الجهاز:

١ – عند استخدام الجهاز لقياس جهد متردد توصل كابلات الجهاز مع الطرفين COM و V-Ω ثم يوضع مفتاح الاختيار على وظيفة ~V على الوضع 1000V . فإذا كانت قراءة الجهاز صغيرة نغير وضع مفتاح الاختيار إلى 200V . للحصول على قراءة أدق وهكذا.

٢ – عند استخدام الجهاز لقياس جهد مستمر نتبع نفس الخطوات المتبعة فى قياس الجهد المتردد، عدا أن مفتاح الاختيار يوضع على وضع -V .



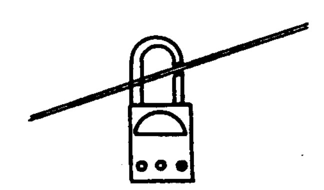
شكل (١-١٥)

٣ – عند استخدام الجهاز لقياس مقاومة توصل الكابلات مع الطرفين COMو V-Ω ، ويوضع مفتاح الاختيار على وضع 200Ω . فإذا كانت قراءة الجهاز (OL) (يعنى أن المقاومة أكبر من 200Ω) غير وضع مفتاح الاختيار إلى 2K وهكذا.

٤ – عند استخدام الجهاز لقياس تيار متردد توصل الكابلات مع الطرفين A و COM ويوضع مفتاح الاختيار على وظيفة ~A على وضع 2A. فإذا كانت القراءة صغيرة نغير وضع مفتاح الاختيار لوضع 200mA وهكذا.

والجدير بالذكر أن الأجهزة الرقمية تعطى قراءة OL أو 1 إذا كانت الكمية المقاسة أكبر من الحد الأقصى المضبوط عليه مفتاح الاختيار.

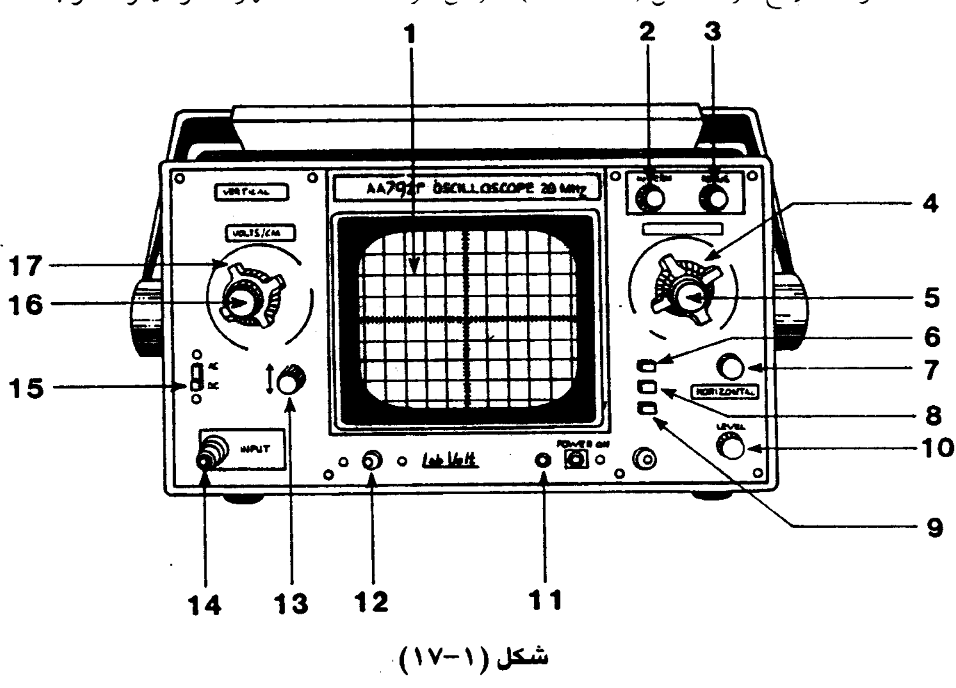
وتوجد أجهزة آفوميتر معدة لقياس تيارات تصل إلى 300A أو أكثر، وذلك لقياس تيارات الأحمال الكهربية مثل المحركات، وهى عادة تكون مزودة بكماشة Clamp حيث يوضع السلك المطلوب قياس التيار المار فيه داخل الكماشة كما هو مبين بالشكل (١ - ١٦).



شكل (١-١٦)

١ / ١٥ - الأوسيلوسكوب The Oscilloscope:

يستخدم جهاز الأوسيلوسكوب لعرض شكل موجة الجهد عند النقاط المختلفة فى الدائرة الإلكترونية، وذلك على شاشة مدرجة نوع Cathode Ray tube(CRT)، وبذلك يمكن أن نعين أى معلومات تخص هذه الموجات مثل: التردد، والقيمة القصوى.. إلخ. والشكل (١ - ١٧) يعرض نموذجا لأحد أجهزة الأوسيلوسكوب.



شكل (١-١٧)

التعريف بمحتويات الجهاز:

1 : شاشة Screen مقسمة كورقة الرسم البيانى بالسنتيمتر، ولها محوران فى المنتصف أحدهما : رأسى ويمثل السعة (القيمة العظمى)، والآخر: المحور الأفقى ويمثل الزمن.

2:مفتاح التحكم فى الإضاءة Intensity Control. ويتحكم فى شدة استضاءة خطوط المنحنى الظاهر على الشاشة.

3 : مفتاح التحكم فى الوضوح Focous Control. ويتحكم فى مدى وضوح خطوط المنحنى الظاهر على الشاشة.

4 : مفتاح مقياس رسم الزمن Time/Cm Selector switch(Time /Cm).

6: مفتاح اختيار بداية الموجة (+/-) Slope switch . ويقوم هذا المفتاح باختيار البداية الموجبة أو السالبة تبعا للاختيار.

7: مفتاح التحكم الأفقى↔Horizontal Control ويقوم بتحريك الموجة يمينا أو يسارا على الشاشة.

8: مفتاح اختيار الحالة Mode switch (TV/NORM). وعادة يوضع على وضع NORM فى حين يوضع على وضع TV عند تغذية الجهاز بإشارة من تليفزيون أو فيديو.

9: مفتاح المصدر Source switch (EX/INT). وعادة يوضع على وضع INT.

10: مفتاح التحكم فى المستوى Level Control. وهو يتحكم فى استقرار الموجات على الشاشة. فإذا اختفت الموجات يمكن إدارة هذا المفتاح لحين ظهورها.

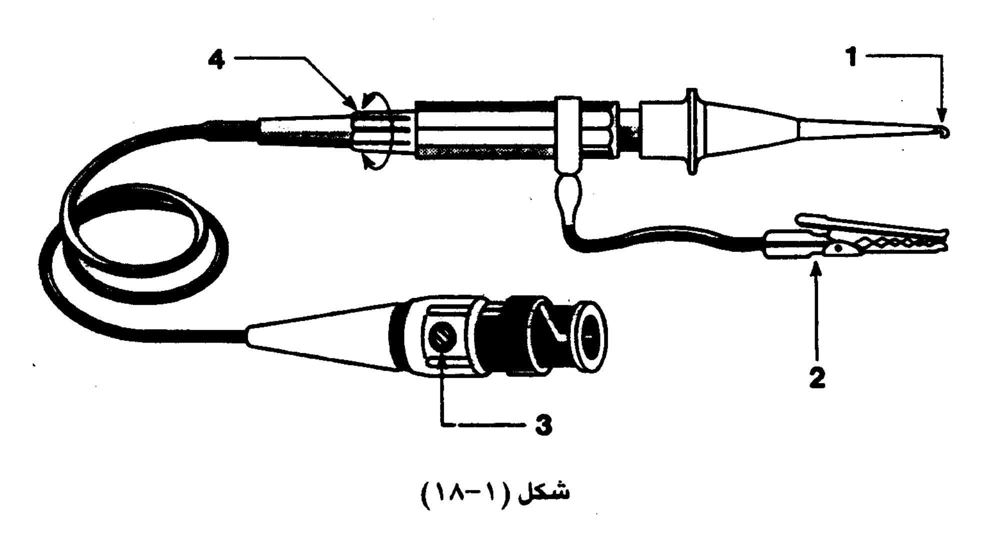
11: مفتاح القدرة Power switch. فعند إدارة هذا المفتاح فإنه بعد دقائق قليلة يظهر خط الشاشة الأفقى الموجود فى منتصف الشاشة Trace Line.

13: مفتاح التحكم الرأسى Vertical control. ويقوم بتحريك الموجة لأعلى وأسفل.

14: مدخل إشارات Input socket. ويوصل بها مجس الاختبار Test probe المستخدم لإدخال إشارة الدخل.

15 : مفتاح التيار المتردد / الأرضى / التيار المستمر AC/GND/DC Switch، ويوضع على AC عندما تكون الإشارة الداخلة AC ويوضع على GND عند ضبط خط الشاشة عند أى موضع بالشاشة، وذلك قبل دخول إشارة الدخل، ويوضع على DC عندما تكون إشارة الدخل DC.

17 : مفتاح مقياس رسم الجهد Volts/ Cm selector switch (V/Cm).
والشكل (١ – ١٨) يعرض نموذجا لمجس اختبار للأوسيلوسكوب.



شكل (١–١٨)

حيث إن :

1 : ماسك المجس TIP . ويوصل بالنقطة المطلوب تعيين شكل الموجة عندها.

2 : مشبك الأرضى Ground Clips . ويوصل بالأرضى.

3 : مسمار ضبط السعة Capacitance Correction trimmer. ويستخدم لضبط شكل الموجة أثناء معايرة الأوسيلوسكوب.

4 : المضاعف Multiplier . ويمكن إدارته من الوضع X1 إلى الوضع X10، وبالتالى فإن إشارة الدخل ستقل 10 مرات. فإذا كانت أقصى سعة لإشارة الدخل الظاهرة على الشاشة 5V، فإن هذا يعنى أن أقصى سعة لإشارة الدخل تساوى 10 x 5 = 50V وهكذا.

ويوجد نوعان من أجهزة الأوسيلوسكوب وهما :

١ - عادى NORMAL : ويستخدم لغرض عرض موجات الإشارات المستقرة .

٢ - بتخزين STORAGE : ويستخدم لغرض عرض موجات الإشارات الانتقالية Transient السريعة، والتى لا يستطيع الأوسيلوسكوب العادى عرضها .

وعادة فإن معظم أجهزة الأوسيلوسكوب تحتوى على قناتين 2 Channel، أى يمكن عرض موجتين لإشارتين جهد فى آن واحد، علما بأن هذه الأجهزة تكون مزودة بمدخل للإشارات لكل قناة .

١ / ١٥ / ١ - استخدام جهاز الأوسيلوسكوب العادى :

فيما يلى الخطوات المتبعة عند استخدام جهاز الأوسيلوسكوب العادى :

١ - يتم تثبيت مجس الاختبار فى مدخل إشارات الأوسيلوسكوب 14، ثم بواسطة مفتاح القدرة يتم تشغيل الأوسيلوسكوب حتى يظهر خط الشاشة، ثم تقوم بوضع مفتاح AC/GND/DC (15) على وضع GND ونضبط خط الشاشة لينطبق على المحور الأفقى فى منتصف الشاشة، ثم نثبت رأس مجس الاختبار بالنقطة المطلوب عرض موجة الجهد عندها، ونثبت مشبك الأرضى بأرضى الدائرة الإلكترونية، ونعيد المفتاح 15 لوضع AC إذا كانت الموجة AC، أو DC إذا كانت الموجة DC، فتظهر موجة إشارة الدخل على الشاشة وبواسطة المفاتيح أرقام (2,3,4,6,7,13) يتم ضبط الموجة بمقياس الرسم المطلوب للزمن والجهد وكذلك ضبط الإضاءة والوضوح وتعديل مكان الموجة فى الشاشة للوضع المطلوب، علما بأن مفتاح اختيار الحالة 8 يجب أن يكون على وضع NORM، ومفتاح المصدر 9 يجب أن يكون على وضع INT، ويمكن تعيين زمن الدورة أو القيمة القصوى للموجة من القوانين التالية :

$$T = A_X . K_X \longrightarrow 1.10$$

$$F = \frac{1}{T} \longrightarrow 1.3$$

$$V_P = A_Y . K_Y \longrightarrow 1.11$$

حيث إن :

زمن الدورة	T
طول الدورة الكاملة بالسنتيمتر	A_X
مقياس الرسم S/Cm	K_X
التردد (Hz)	F
القيمة القصوى للجهد بالفولت	V_P
سعة الموجة بالسنتيمتر	A_Y
مقياس الرسم V/CM	K_Y

مثـال :

الشكل (١ – ١٩) يبين موجة لإشارة جهد ظاهرة على شاشة أوسيلوسكوب، علما بأن مقياس رسم الجهد 1V/Cm ومقياس رسم الزمن 10μS/Cm .

ويلاحظ من هذا الشكل أن :

$A_X = 4$ Cm

$A_Y = 2$ Cm

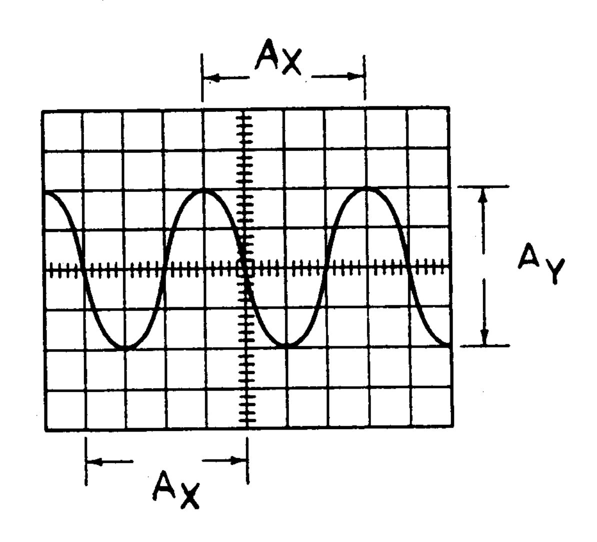
لذلك فإن :

$T=A_X.K_X$

$= 4 \times 10 = 40\mu S$

$$F= \frac{1}{40 \times 10^{-6}} = 25000HZ$$

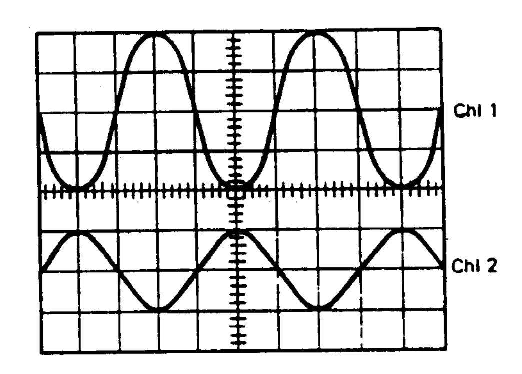
$V_p= 2 \times 1=2V$



شكل (١-١٩)

والشكل (١ - ٢٠) يعرض شكل موجتين على شاشة أوسيلوسكوب بقناتين، القناة الأولى، تمثل دخل دائرة مكبر يحتوى على ترانزستور بباعث مشترك، والقناة الثانية تمثل خرج الدائرة.

ويلاحظ أن موجة القناة 1 (CH1). متأخرة عن موجة القناة 2 (CH2). بزاوية 180^0.



شكل (١ - ٢٠)

١ / ١٦ - مولد الإشارات الأساسية (الدوال) Basic signal generator :

يستخدم مولد الدوال فى توليد إشارات مربعة ومثلثة وجيبية.. إلخ، والتى نحتاج إليها فى اختبار وإصلاح ومعايرة الدوائر الإلكترونية. ويتميز هذا المولد بإمكانية تغيير التردد والقيمة القصوى للموجة المولدة.

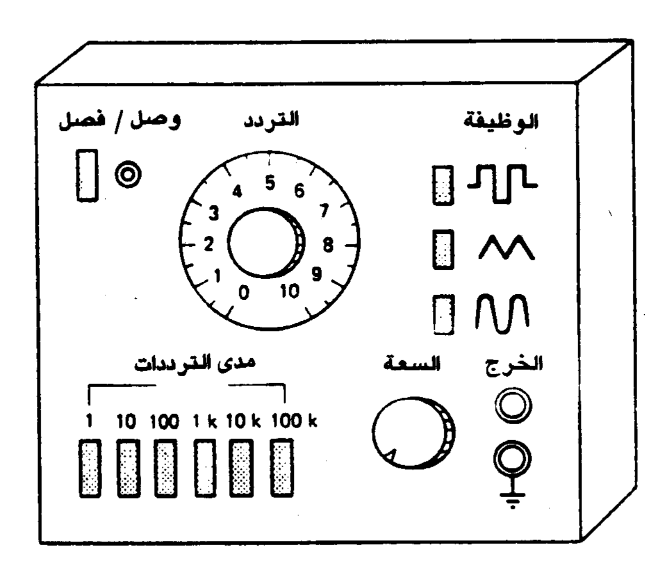
والشكل (١ - ٢١) يعرض صورة لمولد دوال.

فلتوليد موجة بأى شكل وبأى تردد وسعة يتم الضغط على مفتاح وظيفة الموجة Function، ثم تحديد المدى بواسطة الضغط على مفتاح Range، ثم إدارة مفتاح ضبط التردد Frequency للوصول للتردد المطلوب، ثم بعد ذلك يتم ضبط سعة الموجة بواسطة مفتاح ضبط السعة Amplitude

مثال: لتوليد موجة جيبية ترددها 8KHZ وسعتها 4V نتبع الآتى:

١ - نضغط على مفتاح وظيفة الموجة الجيبية.

٢ - نحدد المدى بالضغط على مفتاح 1KHZ.

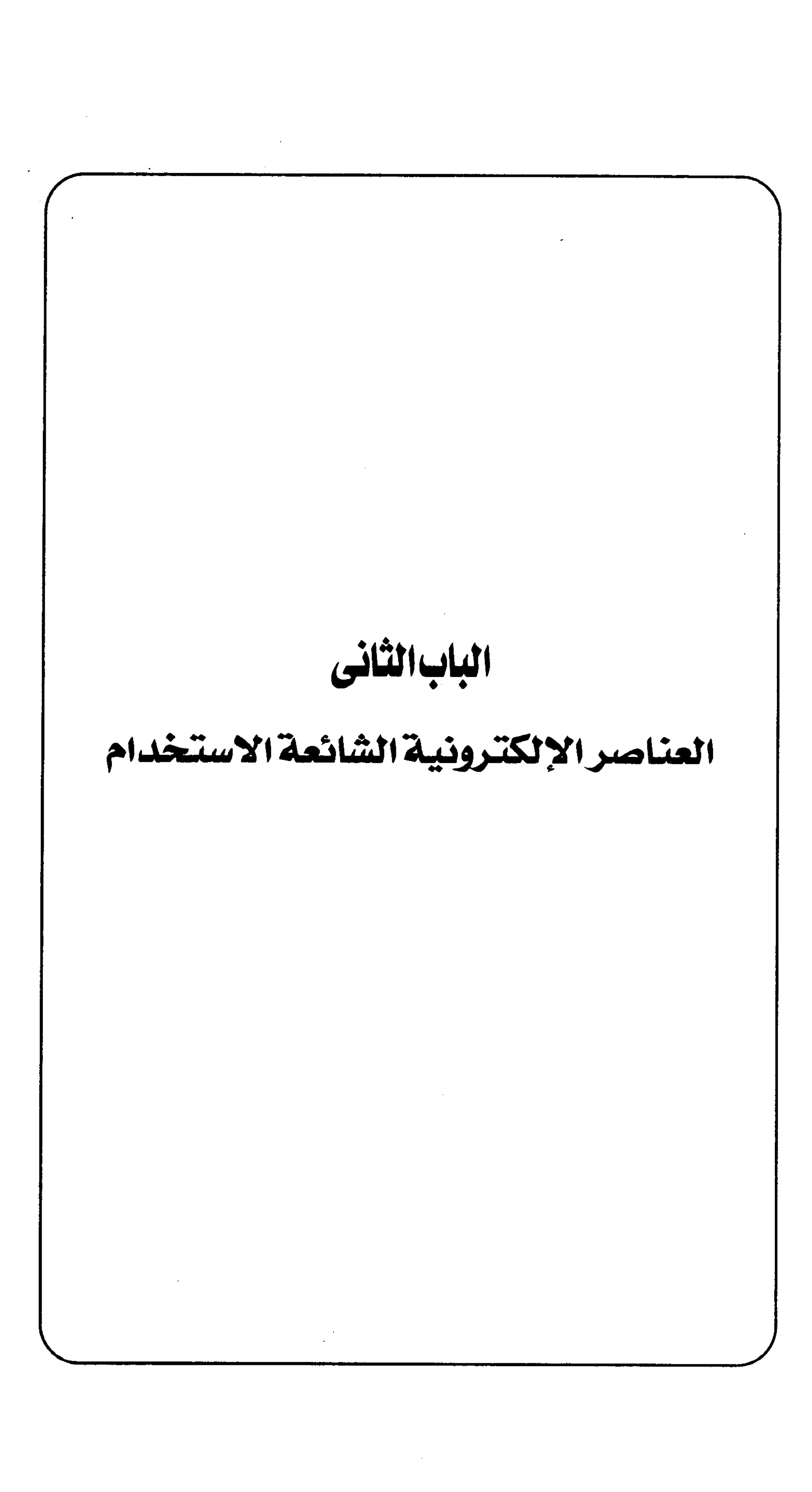


شكل (١ - ٢١)

٣ - ندير مفتاح ضبط التردد وصولا للوضع 9.

٤ - نضبط سعة الموجة المتولدة بواسطة مفتاح ضبط السعة، ويمكن الاستعانة بجهاز الأوسيلوسكوب فى النقطتين ٣، ٤.

وعادة عند استخدام مولدات الإشارات لتوليد موجات لها قيم قصوى صغيرة تستخدم مقاومة على التوالى مع الطرف الموجب لمولد الإشارات تساوى (100kΩ:1MΩ) للتخلص من الضوضاء الشديدة Noise، التى يمكن أن تكون مع هذه الموجات.



الباب الثانى

العناصر الإلكترونية الشائعة الاستخدام

العناصر الإلكترونية الشائعة الاستخدام

٢ / ١ - المقاومات Resistors :

تعتبر المقاومات من أهم المكونات الأساسية لمعظم الدوائر الإلكترونية وتصنع المقاومات من مواد مختلفة، علماً بأن نوع مادة المقاومة يحدد المواصفات الفنية للمقاومات.

وفيما يلى أهم المواصفات الفنية للمقاومات :

١ - **قيمة المقاومة** : وتقاس قيمة المقاومة بوحدة الأوم Ω أو الكيلو أوم KΩ أو الميجا أوم MΩ .

٢ - **قدرة المقاومة Power** : وهى القدرة القصوى التى تبددها المقاومة وتساوى :

$$P = I^2R \ (W)$$

حيث إن :

P القدرة المستهلكة بالوات .

I التيار المار فى المقاومة .

R المقاومة .

٣ - **التفاوت Tolerance** : وهو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقررة، ويعبر عنه كنسبة مئوية .

٤ - **مدى درجة الحرارة Temperature Range** : ويعطى الحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة الحرارة المسموح بها عند التخزين وعند التشغيل .

وتنقسم المقاومات من حيث خضوعها لقانون أوم إلى :

أ - **مقاومات خطية Linear Resistors** : وهى تخضع لقانون أوم (انظر الفقرة ١ - ٣).

ب - مقاومات غير خطية **Non Linear Resistors**: وهى لا تخضع لقانون أوم.

٢ / ١ / ١ - المقاومات الخطية:

وتنقسم المقاومات الخطية إلى: مقاومات ثابتة القيمة، ومقاومات متغيرة القيمة.

أولاً: المقاومات الثابتة القيمة:

توجد عدة أنواع من المقاومات الثابتة القيمة تبعًا للمواد المستخدمة فى تصنيعها والجدول (٢-١) يبين الأنواع المختلفة للمقاومات الثابتة القيمة والمواصفات الفنية لكل نوع.

الجدول (٢-١)

نوع المقاومة	مدى المقاومة	القدرة	التفاوت	مدى درجة الحرارة	الاستخدام
مقاومة كربونية Carbon Resistor	2.2Ω:1MΩ	0.125W:1W	± 10 %	- 40Ĉ: + 105Ĉ	الاستخدامات العامة
مقاومة مصنوعة من فيلم كربونى Carbon Film	10Ω:10MΩ	0.25W:2W	± 5 %	- 45: 125Ĉ	مقاومات انحياز وأحمال
مقاومة مصنوعة من فيلم معدنى Metal Film	10Ω:10MΩ	0.125:0.5W	± 1 %	- 55: 125Ĉ	الأغراض العامة ومقاومات انحياز وأحمال
مقاومة مصنوعة من أكسيد المعدنى Metal Oxide	10Ω:1MΩ	0.5W	± 2 %	- 55: 150	الأغراض العامة ومكبرات الإشارة
مقاومة من أسلاك مغلفة بالألومنيوم Wire wound Aluminium housed	0.1Ω:1KΩ	25W, 50W	± 5 %	- 55:200Ĉ	الأحمال العالية
مقاومة من أسلاك ملفوفة فى جسم خزفى Wire wound ceramic body	0.47Ω:22KΩ	4,7,11,17W	± 5 %	- 55: + 200	مصادر تغذية الطاقة
مقاومة من أسلاك مغطاة بالسليكون Wire wound Silicone Coated	0.1:22 KΩ	2.5 W	± 5 %	- 55: 200Ĉ	مصادر تغذية الطاقة والأحمال.

ثانيًا : المقاومات المتغيرة :

توجد مقاومات متغيرة بأشكال مختلفة، منها الكربونية، ومنها ذات الأسلاك الملفوفة .

أما المقاومات الكربونية فتستخدم فى الاستخدامات المنخفضة القدرة الأقل من 1W .

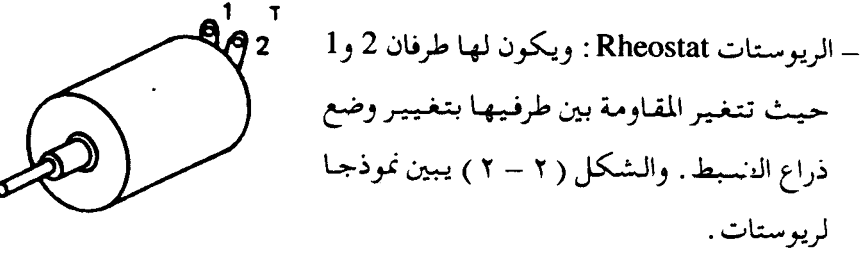
وهناك عدة أنواع من المقاومات الخطية المتغيرة القيمة مثل :

أ – مقاومات بنقط تفرع Tapped Resistors : ويمكن الحصول على عدة قيم للمقاومة عند نقاط التفرع المختلفة لها، والشكل (٢ – ١) يعرض نموذجًا لأحد هذه المقاومات .

نقاط التفرع

شكل (٢ – ١)

ب – مقاومات متغيرة القيمة Variable Resistors : وهذه المقاومات تتغير قيمتها باستخدام وسيلة يدوية مثل عمود أو ذراع دوار أو مسمار مشقوق وتنقسم هذه المقاومات إلى نوعين وهما :

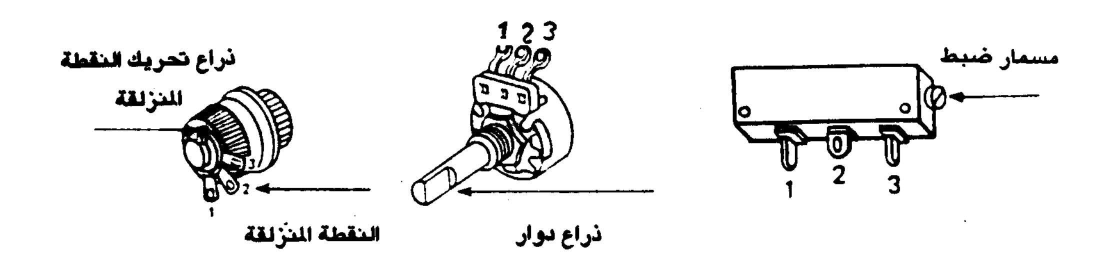


شكل (٢ – ٢)

– الريوستات Rheostat : ويكون لها طرفان 2 و1 حيث تتغير المقاومة بين طرفيها بتغيير وضع ذراع الضبط . والشكل (٢ – ٢) يبين نموذجا لريوستات .

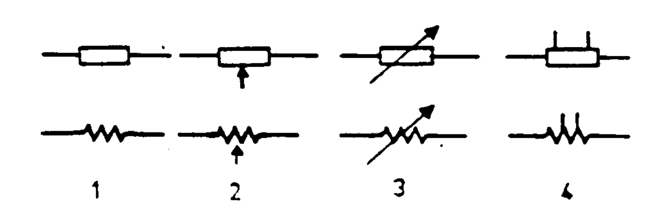
– مجزئ الجهد Potentiometer : ويكون له ثلاثة أطراف 3 و 2 و1، بحيث إن المقاومة بين الطرفين 3 و1 تمثل المقاومة الكلية للمجزئ، وهى ثابتة ولا تتغير بتغير وضع ذراع الضبط، وتساوى

مجموع المقاومة بين الطرفين 2 و 1 والمقاومة بين الطرفين 3 و1 وهما مقاومتان متغيرتان، تتغيران تبعًا لتغير وضع ذراع ضبط المجزئ. والشكل (٢ – ٣) يعرض ثلاثة نماذج مختلفة لمجزئات الجهد.



شكل (٢ – ٣)

وفيما يلي رموز المقاومات الثابتة والمتغيرة:



فالرمز 1 لمقاومة ثابتة والرمز 2 لمجزئ جهد. والرمز 3 لريوستات. والرمز 4 لمقاومة بنقطتي تفرع.

٢ / ١ / ٢ – المقاومات غير الخطية:

وهذه المقاومات لا تخضع لقانون أوم (ارجع للفقرة ١–٣) لأن قيمتها تتغير تبعًا لمؤثرات خارجية على سبيل المثال:

أ – المقاومة الحرارية (الثرمستور) Thermistor: حيث يوجد نوعان من المقاومات

الحرارية (الثرمستورات)؛ الأولى : لها معامل حرارى موجب PTC، أى تزداد قيمتها بارتفاع درجة الحرارة، حيث تكون مقاومتها حوالى 100Ω عندما تكون درجة الحرارة تتراوح ما بين (0:75C̊) وترتفع مقاومتها بسرعة إلى قيم أكبر من 10kΩ عند ارتفاع درجة حرارتها إلى (80:120C̊).

والثانية : لها معامل حرارى سالب NTC وتتميز بأن مقاومتها تساوى عدة كيلو أوم أو مئات من الأوم عند درجة حرارة 25C̊، فى حين تصبح مقاومتها مساوية عدة مئات من الأوم أو عدة عشرات من الأوم عند درجة حرارة 100C̊.

والشكل (٢ – ٤) يعرض نموذجًا لمقاومة حرارية.

ب – المقاومة الضوئية LDR : وهذه المقاومات تتغير قيمتها من عدة ميجا أوم فى الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار.

والشكل (٢ – ٥) يعرض نموذجًا لمقاومة ضوئية.

شكل (٢ – ٤)

جـ – مقاومة تعتمد على الجهد VDR : وهذه المقاومة تقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها، وتستخدم لخمد الجهود العابرة فى الدوائر الإلكترونية.

وفيما يلى رموز المقاومات المتغيرة :

شكل (٢ – ٥)

NTC PTC

1 2 3 4

الرمز 1 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى سالب.

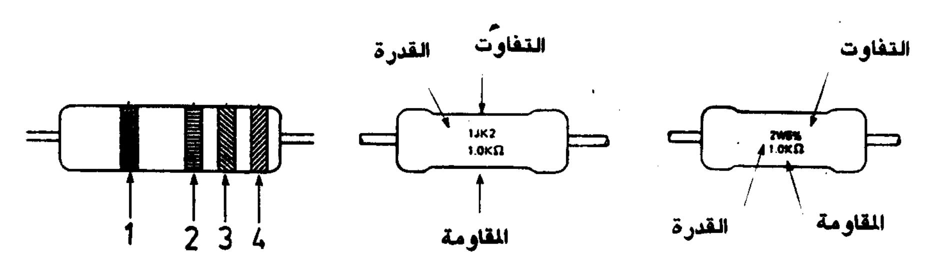
الرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب.

الرمز 3 لمقاومة ضوئية.

الرمز 4 لمقاومة معتمدة على الجهد.

٢ / ١ / ٣- طرق تشفير المعلومات الفنية للمقاومات الخطية:

وتوجد ثلاثة طرق مختلفة لتشفير المعلومات الفنية لهذه المقاومات موضحة بالشكل (٢-٦).



شكل (٢ - ٦)

وهى كمايلى:

١ - طريقة العرض المباشر:

حيث يكتب قدرة المقاومة وقيمتها ومقدار التفاوت المسموح به على المقاومة مباشرة، وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الكبيرة الملفوفة. ففى الشكل (٢-٦ أ) فإن قدرة المقاومة 2W ومقدار التفاوت المسموح به ±5%، وقيمة المقاومة 1.0KΩ. ويمكن حساب التفاوت المسموح به كالآتى:

$$\frac{\pm 5}{100} \times 1000 \pm 50\ \Omega$$

أى أن قيمة المقاومة الفعلية تتراوح ما بين:

$R = 1000 + 50 : 1000 - 50$

$R = 1050\ \Omega : 950\ \Omega$

٢ - طريقة التشفير الحرفية (الطريقة الإنجليزية):

الجدول (٢ - ٢) يبين الأحرف المختلفة المستخدمة كمضاعفات:

الجدول (٢ - ٢)

المضاعف	1	1000	1000000
الحرف	R	K	M

والجدول (٢-٣) يبين الأحرف المختلفة المستخدمة لبيان التفاوت:

الجدول (٢-٣)

التفاوت	± 1%	± 2%	± 5%	± 10%	±20%
الحرف	F	G	J	K	M

مثـال:

عندما يكتب على المقاومة 4 R7K فهذا يعنى أن قيمة المقاومة 4.7 Ω مع تفاوت ± 10%

وعندما يكتب على المقاومة 330 RG فهذا يعنى أن قيمة المقاومة 330 Ω مع تفاوت ± 2%

وعندما يكتب على المقاومة 2K2M فهذا يعنى أن قيمة المقاومة 2.2 KΩ مع تفاوت ± 20%

٣ - طريقة التشفير الحرفية للشركات المصنعة:

حيث يكتب رمز معين يدل على قيمة القدرة بالوات والتفاوت المسموح به من جداول الشركة المصنعة، فمثلاً فى الشكل (٢ - ٦ ب) مقاومة قدرتها وتفاوتها يعرفان من كتالوج الشركة المصنعة بدلالة 1JK2 وقيمة المقاومة 1.0KΩ.

٤ - طريقة التشفير بالألوان:

وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الصغيرة والتى تتراوح قدرتها ما بين

(0.25: 2W)، ويرسم على المقاومة أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها، وعادة ترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار لليمين كما بالشكل (٢-٦جـ).

فبالنسبة للمقاومات ذات الأربع حلقات فإن:

الحلقة الأولى: تمثل الرقم الأول.

والحلقة الثانية: تمثل الرقم الثانى.

والحلقة الثالثة: تمثل المضاعف أو الجزء.

والحلقة الرابعة: تمثل التفاوت.

وبالنسبة للمقاومات ذات الحلقات الخمسة فإن:

الحلقة الأولى: تمثل الرقم الأول.

والحلقة الثانية: تمثل الرقم الثانى.

والحلقة الثالثة: تمثل الرقم الثالث.

والحلقة الرابعة: تمثل المضاعف أو الجزء.

والحلقة الخامسة: تمثل التفاوت.

والجدول (٢ - ٤) يبين مدلول كل لون.

الجدول (٢ - ٤)

التفاوت	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض	ذهبى	فضى	بدون لون
الرقم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-	-
المضاعف أو الجزء	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	
التفاوت كنسبة مئوية		± 1	± 2								± 5	± 10	± 15

مثــال :

إذا كانت ألوان الحلقات الأربعة الملونة لمقاومة كربونية كما يلى :

الحلقة الأولى : بنى

الحلقة الثانية : أسود

الحلقة الثالثة : أزرق

الحلقة الرابعة : ذهبى

فإن :

الرقم الأول : (بنى) يكافئ 1

الرقم الثانى : (أسود) يكافئ 0

المضاعف (أزرق) يكافئ 10^6

التفاوت (ذهبى) يكافئ % 5 ±

لذلك فإن قيمة المقاومة :

$$R = 10 \times 1000000\ \Omega \pm 5\ \%$$

$$R = 10\ M\Omega \pm 5\ \%$$

ويمكن معرفة قدرة المقاومة بالوات من خلال معرفة طول وقطر المقاومة . والجدول (٢ - ٥) يبين العلاقة بين طول وقطر المقاومة وقدرتها للمقاومات ذات الفيلم الكربونى .

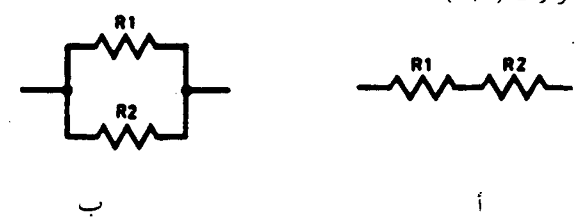
الجدول (٢-٥)

القدرة بالوات (W)	0.25	0.5	1	2
الطول بالملى متر (mm)	6.5	9.5	12	16
القطر بالملى متر (mm)	2.3	3.2	4.5	5

٢ / ١ / ٤ - توصيل المقاومات على التوالى والتوازى :

تكون قيمة المقاومة المطلوبة غير متوفرة -أحيانًا - فى الأسواق . لذلك نقوم بتوصيل أكثر من مقاومة على التوالى أو التوازى للحصول على المقاومة المطلوبة، ولكن يجب علينا معرفة خواص التوصيل على التوالى، وكذلك على التوازى

والشكل (٢ – ٧) يوضح طريقة توصيل مقاومتين على التوالى (أ) وطريقة توصيل مفاومتين على التوازى (ب) .



شكل (٢ – ٧)

فعند التوصيل على التوالى، فإن المقاومة المحصلة R نحصل عليها من المعادلة 2.1 :

$$R = R_1 + R_2 \longrightarrow 2.1$$

وعند التوصيل على التوازى، فإن المقاومة الكلية R نحصل عليها من المعادلة 2.2 :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \longrightarrow 2.2$$

ويمكن تبسيط هذه المعادلة فى حالة مقاومتين على التوازى كما بالمعادلة 2.3 :

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \longrightarrow 2.3$$

مثـــال :

إذا كانت $R_1 = 2\ K\Omega$, $R_2 = 2\ K\Omega$

فعند التوصيل على التوالى فإن المحصلة تساوى :

$$R = R_1 + R_2 = 4\ K\ \Omega$$

وعند التوصيل على التوازى فإن المحصلة تساوى :

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 1\ K\Omega$$

تختبر المقاومات عادة بجهاز الأوميتر أو جهاز الآفوميتر عند ضبطه ليعمل كأوميتر، حيث تفصل المقاومة عن الدائرة وتقاس بالطريقة الموضحة بالشكل .

فإذا كانت قراءة الجهاز مساوية لقيمة المقاومة المستنتجة من الشفرة المستخدمة كانت المقاومة سليمة والعكس بالعكس .

٢ / ٢ - المكثفات Capacitors :

يقوم المكثف بتخزين شحنة كهربية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه، ويتوقف الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر، ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفى المكثف أو عند انعدام جهد المصدر. أى أن المكثف يمكن اعتباره مخزنا للطاقة الكهربية، وتعتبر المكثفات من أكثر العناصر التى يكثر استخدامها فى جميع الدوائر الإلكترونية.

ويصنع المكثف عادة من لوحين معدنين بينهما عازل، ويسمى المكثف عادة تبعًا لنوع العازل المستخدم، مثل الميكا والسيراميك والمحاليل الكيميائية.. إلخ.

والجدير بالذكر أن نوع المادة العازلة وشكل المكثف يؤثران بشكل مباشر على المواصفات الفنية للمكثفات.

وفيما يلى أهم المواصفات الفنية للمكثفات :

١ - سعة المكثف Capacitance : وتقاس بالميكرو فاراد µf أو النانوفاراد nf أو البيكوفاراد PF.

٢ - جهد المكثف المقنن Rated voltage : وهو أقصى جهد يتحمله المكثف، فإن زاد الجهد المسلط على المكثف عن الجهد المقنن ينهار عزل المكثف ويتلف.

٣ - التفاوت Tolerance : وهو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقررة للسعة، ويعبر عنه كنسبة مئوية.

٤ - مدى درجة الحرارة المحيطة Temperature Range : وتعطى الحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة الحرارة المسموح بها.

٥ - التيار المتسرب Leakage current : وهو التيار المستمر المار فى العازل الكهربائى عند تسليط جهد مستمر على المكثف عند درجة حرارة معينة.

وتنقسم المكثفات إلى نوعين وهما :

- ثابتة القيمة.
- متغيرة القيمة.

والجدول (٢ - ٦) يبين الأنواع المختلفة للمكثفات الثابتة القيمة والمواصفات الفنية لكل نوع.

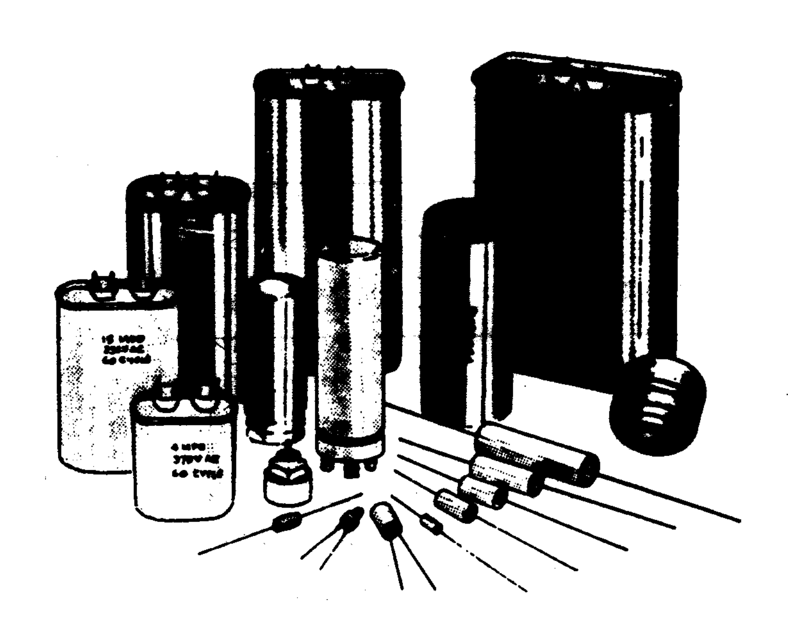
الجدول (٢ - ٦)

النوع	الجهد المقنن	مدى السعة	التفاوت	مدى درجة الحرارة	تيار التسرب	الاستخدامات
سيراميك Ceramic صفائحي متعدد الطبقات قرصي	100 V_{DC}	2.2 pf: 220pf 10pf: 1 µf 1 nf: 100nf	± 10% ± 20%	- 85°C: 85°C		التوقيت ومعادلة درجة الحرارة في دوائر المذبذبات
بوليسترين Polystyrene	160 V_{DC} 40 V_{AC}	10 pf: 10 nf	±1 %, ± 2.5% ± 5%	- 40: 70°C		في دوائر التوقيت والمرشحات والمذبذبات
فيلم معدني Metalic Film	600 V_{DC} 250 V_{AC}	2 µf, 4µf, 8µf 16 µf	± 20%	25: 85°C		تحسين معامل القدرة في دوائر التيار المتردد ومخزنات للطاقة.
ميكا Mica	350 V_{DC}	2.2 pf: 10nf	+ 0.5%, ± 1%	- 40: + 85°C		في المذبذبات ذات التردد المرتفع ودوائر التوقيت والمرشحات.
بولي كربونات Poly Carbonate	63V_{DC} (45V_{AC}) 160 V_{DC} (100 V_{AC}) 630 V_{DC} (300V_{AC})	1 nf: 10 µf	± 20%	- 55: + 100°C		دوائر المؤقتات والمرشحات
بوليستير Polyester	250 V_{DC} (125V_{AC}) 400 V_{DC} (200 V_{AC})	10 nf: 2.2 µ f	± 20%	- 40: + 100°C		الأغراض العامة ودوائر الربط

تابع الجدول (٢ - ٦)

الجهد المقنن	الجهد المقنن	مدى السعة	التفاوت	مدى درجة الحرارة	تيار التسرب	الاستخدامات
بولى بروبلين Poly Proplyene	1KV_DC (350 V_AC) 1.5 KV_DC (450V_AC)	1 nf: 470 nf	± 20%	-55: + 100 C̊		دوائر الربط ودوائر المرشحات وهذه المكثفات غالية الثمن
المكثفات الكيميائية Electrolytic أ- تنتاليوم Solid tantalum	6.3: 35V	0.1 µf: 100µf	± 20%	-55: + 85C̊	أقل من 1µA	لدوائر الربط
ب- كيميائية ذات أرجل نصف قطرية ومستقطبة Radial type	6.3V_DC: 450V_DC	0.47µf: 220 µf	± 20%	- 40: + 85C̊	1 µA أو 3µA	مكثفات تخزين للطاقة والأغراض العامة وتثبت مباشرة على اللوحات المطبوعة
جـ- كيميائية ذات أرجل محورية ومستقطبة Axial type	25,40,50 V_DC	1 µf: 4700 µf	± 20%	- 40: + 85C̊	1 µA أو 3µA	مكثفات تخزين للطاقة
د- كيميائية معلبة Can type	40: 360V	22µf: 10000µf	-10: + 50%	- 40: + 85C̊	0.01 CV السعة C (µf) الجهد V (V)	مكثفات تخزين للطاقة

والشكل (٢ – ٨) يعرض أنواعا مختلفة من المكثفات .

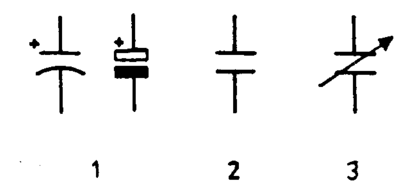


شكل (٢– ٨)

وفيما يلى رموز المكثفات :

فالرمز أ لمكثف كيميائى . والرمز 2 لمكثف عادى .

والرمز 3 لمكثف متغير السعة

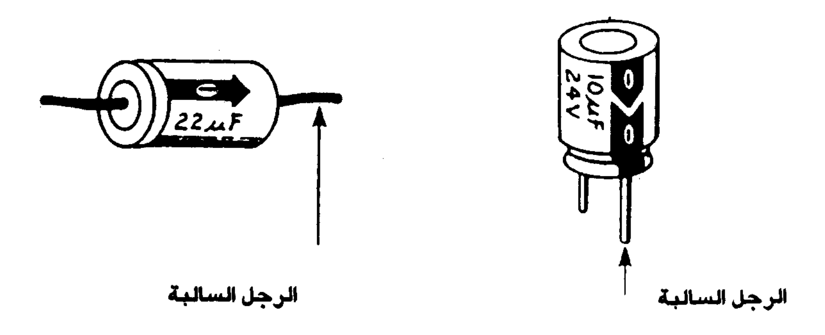


٢ / ٢ / ١– طرق تشفير المعلومات الفنية للمكثفات :

توجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف وهى كما يلى :

١ – **الطريقة الأولى** : العرض المباشر للمعلومات الفنية : وذلك بكتابتها مباشرة على

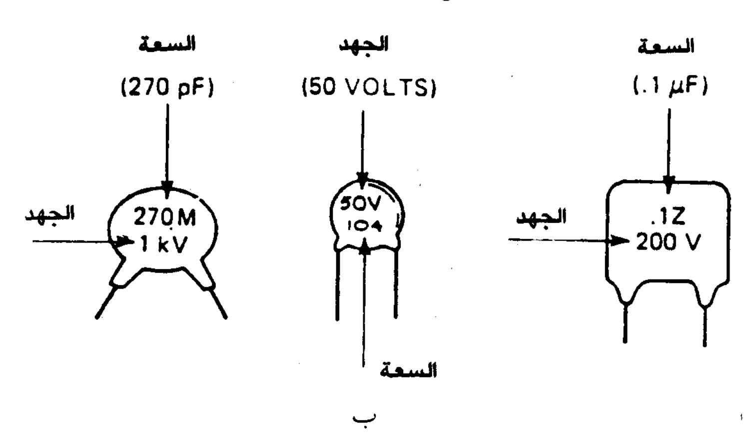
الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى Electrolytic Capacitor، وتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد (µF) وجهد التشغيل بالفولت (V)، وكذلك توضع قطبية أحد طرفى المكثف سواء الطرف الموجب + أو الطرف السالب – ، وهذا موضح بالشكل (٢ – ٩).



شكل (٢ – ٩)

٢ – الطريقة الثانية : (طريقة التشفير الحرفية) :

وتستخدم بالنسبة للمكثفات الصغيرة التى تكون على شكل قرص disc حيث يكتب عليها السعة وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (٢ – ١٠).



شكل (٢ – ١٠)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية مثل :

Z وتعنى ميكرو فاراد µF

M وتعنى بيكوفاراد pf

فمثلا: فى الشكل (أ) مكثف سعته 1Z، أى 0.1 µF

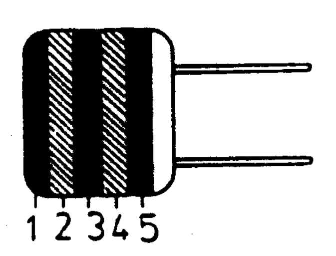
وبالشكل (جـ) مكثف سعته 270 M أى 270 pf .

٣ - الطريقة الثالثة : (طريقة التشفير العددى) :

ويستخدم فيها ثلاثة أعداد، حيث يمثل العدد الثالث أعداد الأصفار بعد العددين الأول والثانى، ففى الشكل (٢ - ١٠ب) مكثف سعته يعبر عنها بالشفرة 104 أى 10 0000 PF أى 0.1µF، فى حين يكتب الجهد مباشرة على المكثف، فهو فى هذه الحالة 50V .

٤ - طريقة التشفير بالألوان :

حيث يرسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما بالشكل (٢ - ١١)، وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات البولى إستير الراتنجية Resin dipped polyester capacitors.



شكل (٢ - ١١)

والجدول (٢ – ٧) يبين مدلول الألوان المختلفة للشرائط المختلفة.

اللون	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الأول والثانى الرقم المقابل	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الشريط الثالث المضاعف	-	-	-	10^3	10^4	10^2	-	-	-	-
الشريط الرابع التفاوت	± 20%									±10%
الشريط الخامس (الجهد المستمر)			250V		400V					

مثـــال:

إذا كان لون الشريط الأول بنيا = 1

الشريط الثانى أسود = 0

الشريط الثالث برتقاليا = 10^3

الشريط الرابع أسود = ±20%

الشريط الخامس أحمر = $250V_{DC}$

أى أن سعة المكثف تصبح مساوية

$$C= 10X1000 =10^4 \text{ PF}$$

مع تفاوت يساوى ±20% وجهد التشغيل المستمر يساوى 250 VDC.

٢ / ٢ / ٢ – توصيل المكثفات على التوالى والتوازى:

عندما تكون قيمة السعة المطلوبة غير متوفرة – أحيانًا – فى الأسواق لذلك نقوم بتوصيل أكثر من مكثف على التوالى أو التوازى للحصول على السعة المطلوبة، ولذلك كان من الضرورى معرفة خواص التوصيل على التوالى والتوازى.

والشكل (٢ – ١٢) يوضح طريقة توصيل مكثفين على التوالى (أ) وطريقة توصيل مكثفين على التوازى (ب).



شكل (٢- ١٢)

فعند التوصيل على التوالى فإن السعة المكافئة C نحصل عليها من المعادلة 2.4:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \longrightarrow 2.4$$

ويمكن تبسيط هذه المعادلة فى حالة مكثفين على التوالى كما بالمعادلة 2.5:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \longrightarrow 2.5$$

وعند التوصيل على التوازى فإن السعة المكافئة C نحصل عليها من المعادلة 2.6:

$$C = C_1 + C_2 \longrightarrow 2.6$$

فإذا كان: $C_2 = 5\mu F$ و $C_1 = 5\ \mu F$

فعند التوصيل على التوالى فإن المحصلة تساوى:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{5x5}{5+5} = 2.5\mu F$$

وعند التوصيل على التوازى فإن المحصلة تساوى:

$$C = C_1 + C_2 = 5+5 = 10\mu F$$

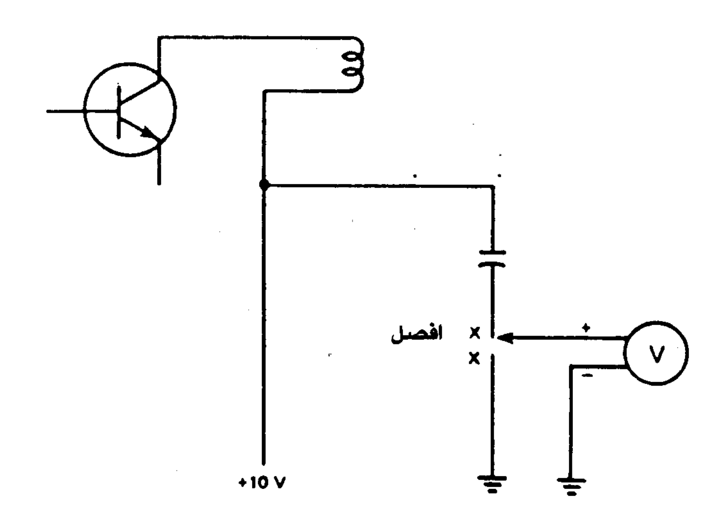
٢ / ٢ / ٣ - اختبار صلاحية المكثف:

هناك طريقتان لاختبار صلاحية المكثفات وهما:

الطريقة الأولى (استخدام جهاز الفولتميتر):

حيث يفصل طرف المكثف الموصل بالأرضى أو بالجهد المنخفض أثناء عمل الدائرة ثم يوصل جهاز الفولتميتر بالتوازى مع المكثف فإذا تحرك مؤشر الجهاز لحظياً

لإعطاء قراءة تساوى الجهد المسلط على المكثف ثم العودة للصفر بعد ذلك فقد دل على أن المكثف سليم، أما إذا ثبت المؤشر على أقصى قيمة للجهد فقد دل على أن المكثف به قصر، بينما إذا ثبت المؤشر عند قيمة لا تساوى القيمة القصوى للجهد المسلط على المكثف فقد دل على أن المكثف به تسرب، وإذا لم يتحرك المؤشر بل ثبت على قراءة الصفر دل على أن المكثف مفتوح، والشكل (٢ – ١٣) يوضح هذه الطريقة .

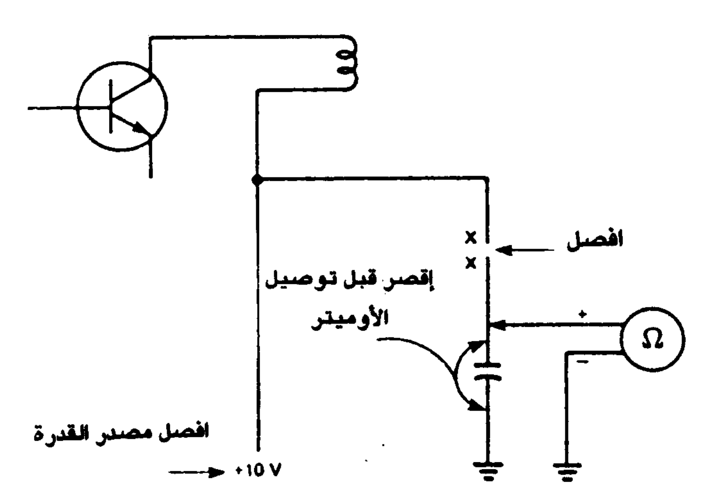


شكل (٢– ١٣)

الطريقة الثانية (استخدام جهاز الأوميتر) :

حيث يفصل المكثف من الدائرة وتفرغ شحنته وذلك بعمل قصر على طرفيه، ثم يوصل جهاز الأوميتر بالتوازى مع المكثف . فالمكثف الجيد يعطى مقاومة صغيرة فى البداية، ثم تزداد مقاومته لتصل إلى ما لا نهاية، وذلك لأن جهاز الأوميتر يحتوى بداخله على بطارية، ويتم قياس المقاومات وذلك بقياس التيار المار فيها . وحيث إن المكثف فى البداية يكون فى حالة تفريغ لذلك يمر تيار كهربى من بطارية الجهاز للمكثف حتى يشحن المكثف بعد ذلك ينقطع مرور التيار الكهربى .

أما إذا ثبتت قراءة الجهاز عند قيمة قريبة من الصفر منذ البداية فقد دل على أن المكثف به قصر وفى حالة ثبات قراءة الجهاز عند قيمة كبيرة منذ البداية فهذا يدل على أن المكثف به تسرب. وفى حالة ثبات قراءة الجهاز عند الصفر منذ البداية فهذا يدل على أن المكثف مفتوح. والشكل (٢ – ١٤) يوضح طريقة استخدام جهاز الأوميتر فى اختيار المكثفات.



شكل (٢ – ١٤)

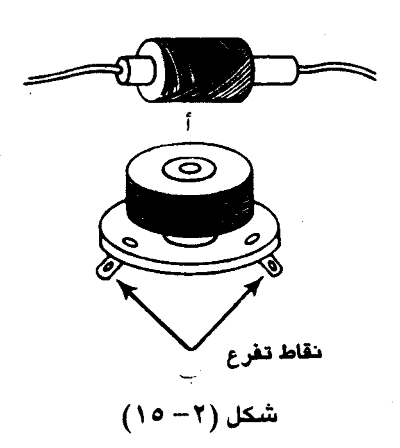
٢ / ٣ – الملفات The Inductors :

تقوم الملفات بمعاكسة التغير السريع فى التيار المار فيها، أى أن الملفات تقدم معاوقة كبيرة أمام التيار المتردد، فى حين تسمح بمرور التيار المستمر الثابت القيمة بدون أى إعاقة.

وتصنع الملفات من أسلاك من النحاس ملفوفة على قلب مغناطيسى مصنوع من الحديد السليكونى، ويسمى الملف فى هذه الحالة ملفا مغناطيسيًا، أو من سلك من النحاس الملفوف على قلب غير مغناطيسى مثل الورق، ويسمى الملف فى هذه الحالة بالملف الهوائى.

والشكل (٢– ١٥) يعرض ملفين هوائيين: الأول ذو حث ثابت (أ) والثانى بنقط تفرع (ب).

ويقاس حث الملف بوحدة الهنرى H. وهذه الوحدة كبيرة جداً لذلك تستخدم عادة أجزاء من هذه الوحـــدة مـــثل (mH) أى ملى هنرى وتساوى (0.001H).



شكل (٢- ١٥)

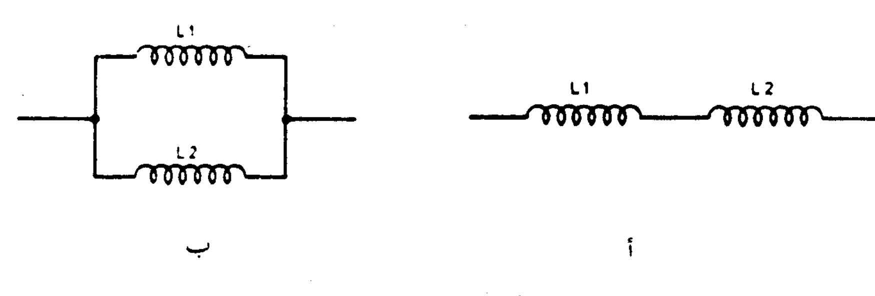
وفيما يلى رموز الملفات الكهربائية:

1 2 3

حيث إن الرمز1 لملف ذى حث ثابت والرمز 2 لملف له نقاط تفرع. والرمز 3 لملف متغير الحث يعمل بذراع ضبط.

٢ / ٣ / ١ - توصيل الملفات على التوالى والتوازى:

يكون حث الملف المطلوب غير متوفر أحيانا بالأسواق، لذلك نلجأ لتوصيل ملفين أو أكثر على التوالى أو التوازى للحصول على الحث المطلوب، ولذلك كان من اللازم معرفة خواص التوصيل على التوالى والتوازى للملفات، والشكل (٢ - ١٦) يوضح طريقة توصيل ملفين على التوالى (أ) وعلى التوازى (ب).



شكل (٢ - ١٦)

فعند التوصيل على التوالى فإن الحث المكافئ L نحصل عليه من المعادلة 2.7 :

$$L = L_1 + L_2 \longrightarrow 2.7$$

وعند التوصيل على التوازى فإن الحث ا لمكافئ L نحصل عليه من المعادلة 2.8:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \longrightarrow 2.8$$

ويمكن تبسيط هذه المعادلة فى حالة ملفين على التوازى كما بالمعادلة 2.9:

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \longrightarrow 2.9$$

فإذا كان : $L_1 = 6$ mH $L_2 = 6$ mH

فعند التوصيل على التوالى فإن :

$$L = 6 + 6 = 12 \text{ mH}$$

وعند التوصيل على التوازى فإن :

$$L = \frac{6x6}{6+6} = 3 \text{ mH}$$

٢ / ٣ / ٢ - اختبار صلاحية الملف :

تختبر الملفات باستخدام جهاز الأوميتر حيث يفصل الملف من الدائرة ويوصل جهاز الأوميتر مع الملف على التوازى، فإذا كانت قراءة الجهاز تتراوح ما بين (1 : 50Ω) دل على أن الملف سليم.

وإذا كانت قراءة الجهاز صفراً فقد دل على أن الملف به قصر.

وإذا كانت قراءة الجهاز قيمة كبيرة جداً تقترب من ما لا نهاية فقد دل على أن الملف مفتوح.

٢ / ٤ - عناصر متنوعة :

سنتناول فى هذه الفقرة مجموعة من العناصر التى كثيراً ما تستخدم فى الدوائر الإلكترونية، مثل: المصهرات - المفاتيح - الضواغط - ريلهات التحكم - المحولات.

٢ / ٤ / ١ - المصهرات Fuses :

يتم - عادة - حماية الدوائر الإلكترونية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربى عند

حدوث قصر بالدائرة، أى تلامس الطرف الموجب (+) مع الطرف السالب (–) أو مع أرضى الدائرة، وذلك باستخدام المصهرات.

تكون – عادة – المصهرات على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك لها قاعدتان معدنيتان متصلتان معاً من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص.

وهذا السلك مصمم لكى ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقنن للمصهر بقيمة كبيرة.

وهناك أنواع متعددة من المصهرات حسب سرعة فصلها. وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات تبعا لسرعة الفصل:

١ – مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة Super - quick - Acting (FF):
وتستخدم لحماية العناصر الإلكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات، ويرمز لها بالرمز FF والجدول (٢ – ٨) يبين خواص هذا النوع.

الجدول (٢ – ٨)

شدة التيار	1.2 In	2 In	2.75 In	4 In	10 In
أدنى زمن للفصل	60 min	10 mS	4 mS	2 mS	-
أقصى زمن للفصل	-	2 S	5 omS	5 mS	2 mS

حيث إن:

التيار المقنن للمصهر In

دقيقة min

ثانية S

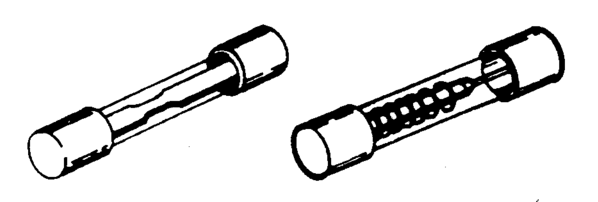
ملى ثانية ms

٢ – مصهرات سريعة الفصل (F) quick acting

٣ – مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T) Anti - Surge:

وهى تتحمل تيارا يساوى 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار، وذلك خلال فترة زمنية تساوى 20 ms وتستخدم لحماية المحولات.

والشكل (٢ – ١٧) يعرض نموذجا لمصهر نوع T الشكل (أ)، وآخر لمصهر سريع الفصلF الشكل (ب).



شكل (٢– ١٧)

وفيما يلى الرموز المختلفة للمصهرات :

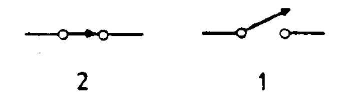


٢ / ٤ / ٢ – المفاتيح اليدوية Switches :

تعد المفاتيح اليدوية وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الإلكترونية، ويوجد أنواع مختلفة للمفاتيح تبعاً لوظيفتها، مثل :

١ – مفتاح قطب واحد / سكة واحدة (SPST). وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة إما مغلقة أو مفتوحة. فعند تشغيل المفتاح تفتح ريشته المغلقة NC أو تغلق ريشته المفتوحة NO.

وفيما يلى رمز مفتاح: SPST بريشة مفتوحة NO (الرمز 1) وبريشة مغلقة NC (الرمز2) :



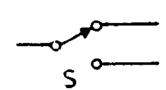
٢ – مفتاح قطبين / سكة واحدة (DPST) وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين مفتوحتين 2NO أو مغلقتين 2 NC أو إحداهما مفتوحة والأخرى مغلقة (NO+ NC). وعند تشغيل هذا المفتاح يدوياً تنعكس حالة ريشة المفتاح فتغلق الريشة المفتوحة NO وتفتح الريشة المغلقة NC.

وفيما يلى رمز مفتاح (DPST) بريشتين مفتوحتين 2NO (الرمز 1) وبريشتين مغلقتين 2NC (الرمز 2) وبريشة مفتوحة وأخرى مغلقة NO + NC (الرمز3) :

1 2 3

٣ – مفتاح قطب واحد / سكتان (SPDT). وهذا المفتاح له ريشة قلاب CO ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف، أحدهما :مشترك والثانى : مفتوح والثالث : مغلق. فعند تشغيل هذا المفتاح تنعكس حالة هذا المفتاح فيغلق الطرف المفتوح ويفتح الطرف المغلق.

وفيما يلى رمز هذا المفتاح:



٤ – مفتاح قطبين / سكتان (DPDT). وهذا المفتاح مزود بريشتى قلاب كالموجودة فى المفتاح (SPDT).

وفيما يلى رمز هذا المفتاح:



علماً بأن الأنواع الأربعة السابقة تتواجد فى عدة صور تبعاً لطريقة تشغيلها، مثل :

أ – مفتاح بذراع يدوى Toggle switch .

ب – مفتاح قلاب Rocker switch .

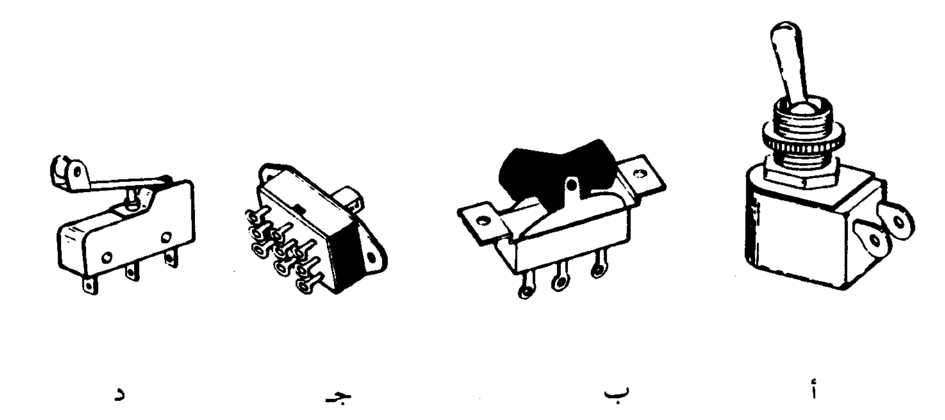
جـ – مفتاح منزلق Slide switch .

د – مفتاح نهاية مشوار Limit switch .

هـ – مفتاح انضغاطى Push button switch .

ويتم تشغيل هذه الأنواع باليد، عدا أن مفتاح نهاية المشوار يتم تشغيله عند دفعه بجسم متحرك أو كامة متحركة .

والشكل (٢ – ١٨) يبين صورا توضيحية لهذه الأنواع بالترتيب من اليمين لليسار .



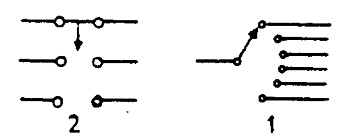
أ ب جـ د

شكل (٢– ١٨)

٥ – مفاتيح الاختيار ذات المواضع المتعددة . وهذه المفاتيح تحتوى على قطب واحد أو أكثر ويكون لها عدة أوضاع تشغيل وهناك نوعان من هذه المفاتيح تبعاً لطريقة تشغيلها، مثل : المفاتيح الدوارة Rotary switches .

وهذه المفاتيح لها يد تشغيل دوارة ، والمفاتيح المنزلقة Slide switches والمفاتيح

الدوارة العاملة بالمفك Dip Rotary switches وفيما يلى رمز لمفتاح دوار بستة مواضع (الرمز 1) ورمز مفتاح اختيار منزلق بثلاثة مواضع (الرمز 2).



٢ / ٤ / ٣ - الضواغط Push buttons :

هناك فرق جوهرى بين الضاغط والمفتاح الانضغاطى، فالأول تتغير حالة ريشه أى المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط على زرها فقط، أما المفتاح الانضغاطى فتتغير حالة ريشه، أى تصبح الريشة المغلقة مفتوحة والريشة المفتوحة مغلقة عند الضغط عليه، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى، فتعود الريش لحالتها الطبيعية.

وفيما يلى رموز أنواع مختلفة من الضواغط :

PB PB

1 2

فالرمز 1 لضاغط بريشة مغلقة NC. والرمز 2 لضاغط بريشة مفتوحة NO.

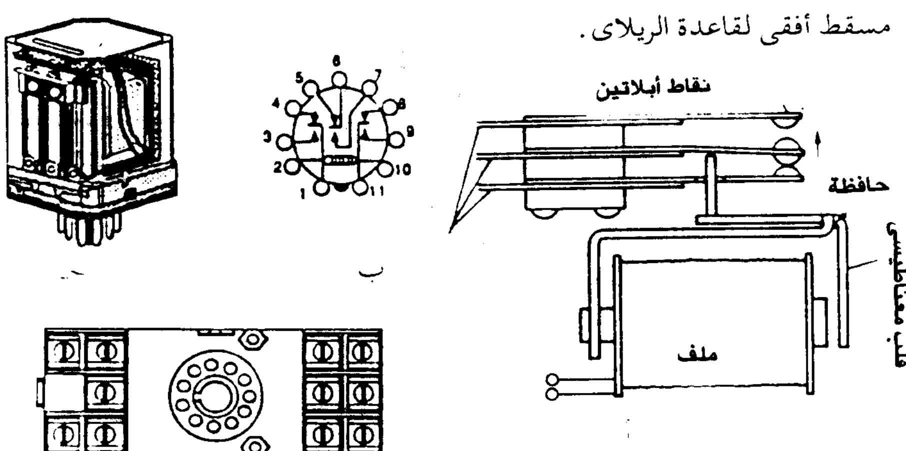
٢ / ٤ / ٤ - ريلهات التحكم Control Relays :

الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل الدوائر الإلكترونية والشكل (٢ - ١٩أ) يعرض التركيب الداخلى لأحد الريلهات الكهرومغناطيسية. فعند توصيل التيار الكهربى للملف يتكون مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى، فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريشة التلامس للريلاى فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة

والعكس بالعكس، ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاى تعود ريشة الريلاى لوضعها الطبيعى.

وهناك نوعان من الريلهات: الأول: يثبت على اللوحة المطبوعة PB والتى يثبت عليها العناصر الإلكترونية، والثانى: يثبت على قاعدة تثبيت.

والشكل (٢ - ١٩ ب) يعرض نموذجاً لأحد ريلهات التحكم وبالشكل (٢ - ١٩جـ) مسقط أفقى للريلاى يبين نقاط توصيله، وبالشكل (٢ - ١٩ د) مسقط أفقى لقاعدة الريلاى.



شكل (٢- ١٩)

ويلاحظ من مخطط أطراف التوصيل للريلاى الشكل (٢ - ٢٠) أن هذا الريلاى يحتوى على ثلاث ريش قلاب CO .

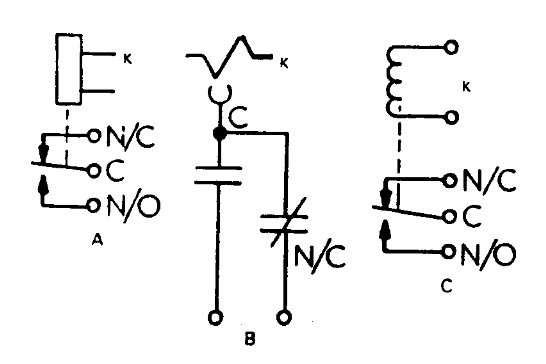
فأطراف الريشة القلاب الأولى 4 - 3 -1.

وأطراف الريشة القلاب الثانية 5 - 7 - 6.

وأطراف الريشة القلاب الثالثة 8 - 9 -11.

وأطراف الملف هى 10 - 2.

وفيما يلى الرموز المختلفة للريلهات :



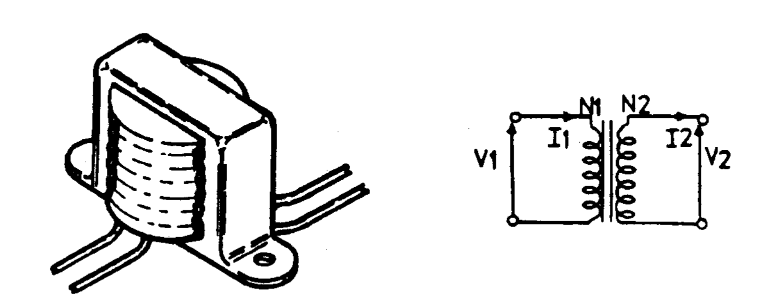
٢ / ٤ / ٥ - المحولات Transformers :

المحولات هى أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد، وتستخدم المحولات فى بناء مصادر التيار المستمر بخفض الجهد المتردد من 220V أو 120V إلى 24V أو 12V أو 5V، وتستخدم المحولات أيضاً فى دوائر إشعال الثايرستور والترياك. وللمحولات استخدامات أخرى متعددة فى الدوائر الإلكترونية.

ويتكون المحول فى العادة من ملفين: أحدهما: يسمى بالملف الابتدائى، والثانى: يسمى بالملف الثانوى.

وفيما يلى رمز لمحول له ملف ابتدائى عدد لفاته N_1 ومسلط عليه جهد متردد V_1 ويمر به تيار I_1، وله ملف ثانوى عدد لفاته N_2 ويمر به تيار I_2 ويوجد جهد على أطرافه V_2.

والشكل (٢ - ٢٠) يعرض نموذجاً لأحد المحولات والدائرة المكافئة للمحول.



شكل (٢- ٢٠)

والمعادلة 2.10 تسمى بمعادلة المحول.

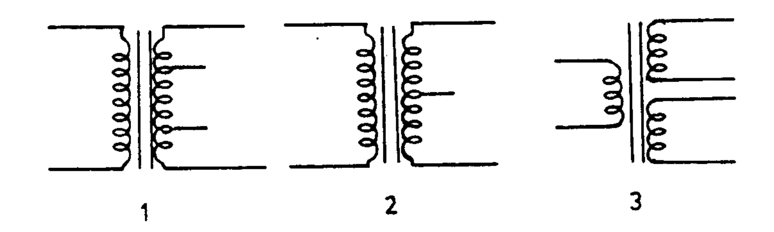
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \longrightarrow 2.10$$

ويختار المحول - عادة - تبعاً للجهود المطلوبة فى الابتدائى والثانوى، وكذلك تبعا لسعة المحول (VA) والتى نحصل عليها من المعادلة 2.11:

$$VA = V_2 I_2 = V_1 I_1 \quad (VA) \longrightarrow 2.11$$

وبعض المحولات تحتوى على أكثر من ملف ثانوى للحصول على أكثر من جهد من الجانب الثانوى، والآخر يحتوى على ملف ثانوى بنقطة منتصف أو أكثر.

وفيما يلى رموز بعض أنواع من المحولات:



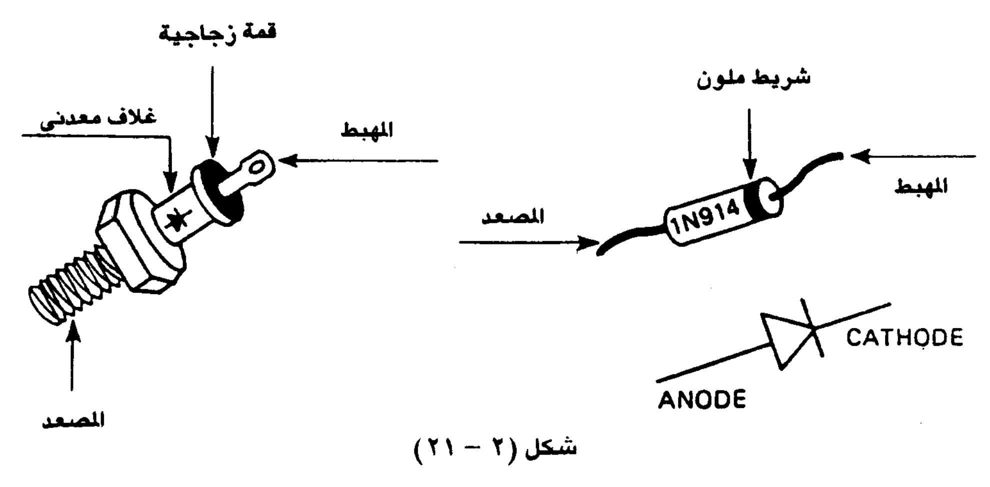
فالرمز 1 لمحول بعدة نقاط تفرع. والرمز 2 لمحول بملف ثانوى بنقطة منتصف (نقطة تفرع). والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين.

أما محولات النبضات فتستخدم لعزل دائرة إشعال الثايرستور أو الترياك عن دائرة القدرة، وهذا سيتضح فى الفقرة (٢ / ١١ / ٣)، والفقرة (٢ / ١٣ / ١) وعادة فإن محولات النبضات تكون لها نسبة تحويل $N_1 : N_2$ مساوية 1:1 وهذا يعنى أن عدد لفات الملف الابتدائى يساوى عدد لفات الملف الثانوى، ولكن هذا لا يعنى أن عدد لفات كلا منهما لفة واحدة.

٢ / ٥ - الثنائيات (الموحدات) Diodes:

يتكون الثنائى عادة من وصلة ثنائية P-N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل السليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge)، ويتواجد الثنائى عادة فى الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيه، للدلالة على مكان المادة السالبة (N) والتى تمثل المهبط Cathode، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة (P)، والتى تمثل المصعد Anode.

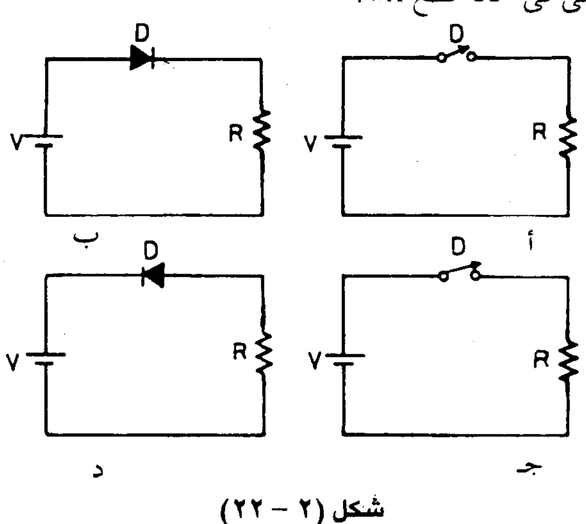
والشكل (٢ - ٢١) يعرض نموذجاً لثنائى صغير طراز 1N914 ورمزه وكذلك صورة لثنائى كبير.



شكل (٢ - ٢١)

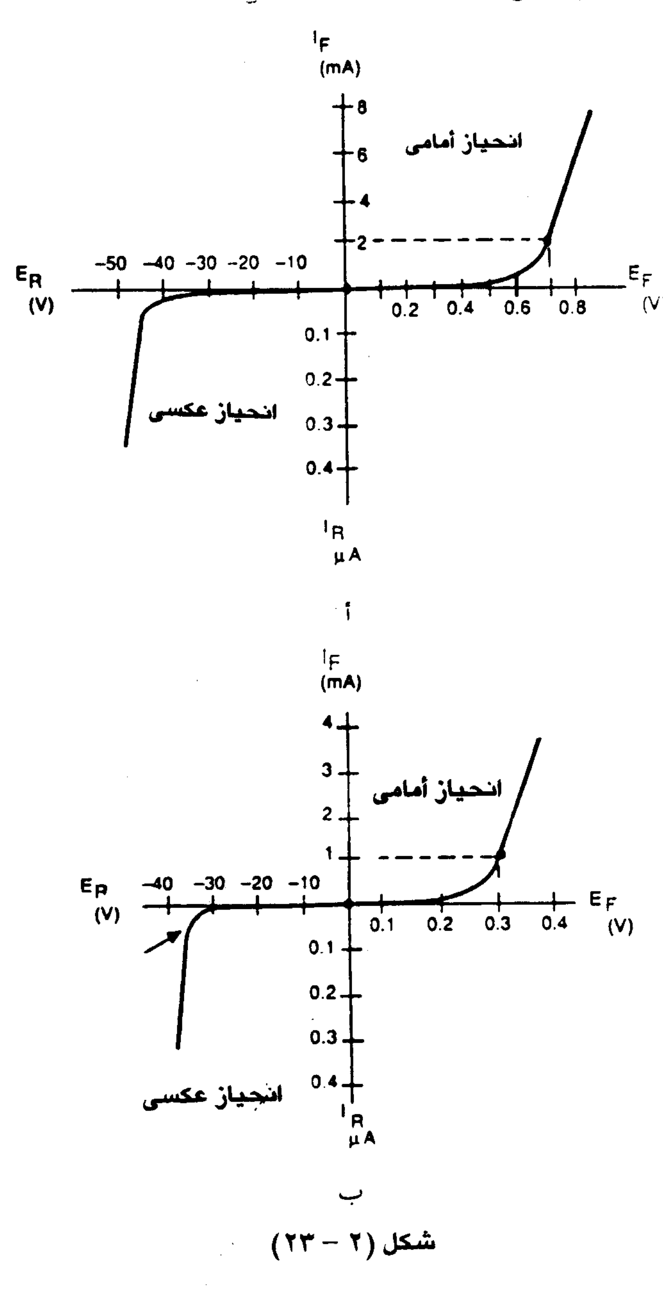
ويعتبر الثنائى فى الوضع الطبيعى كمفتاح مفتوح وبمجرد تعريضه لانحياز أمامى Forward bias أى ارتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V تقريباً يصبح كمفتاح مغلق ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد إلى المهبط، ويقال إن الثنائى فى حالة وصل ON أما عند تعريض الثنائى لانحياز عكسى Reverse bias أى تعريض المهبط Cathode لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد Anode فإنه يمر تيار صغير جداً يسمى بتيار التسرب Leakage Current ويعمل الثنائى كمفتاح مفتوح ويقال إن الثنائى فى حالة قطع off.

والشكل (٢ - ٢٢) يبين طريقة عمل الثنائى ففى الشكل (ب) دائرة تحتوى على ثنائى وبطارية ومقاومة ويكون الثنائى فى حالة انحياز أمامى، والشكل (أ) يبين الدائرة المكافئة للشكل (ب).



شكل (٢ - ٢٢)

وفي الشكل (د) دائرة تحتوى على ثنائى وبطارية ومقاومة حيث يكون الثنائى منحازاً عكسياً، والشكل (جـ) يبين الدائرة المكافئة للشكل (د)، علماً بأن المقاومة تمثل الحمل. والشكل (٢ – ٢٣) يعرض منحنيا لخواص الثنائى السليكونى (Si) الشكل (أ) وخواص ثنائى الجرمانيوم (Ge) الشكل (ب).



شكل (٢ – ٢٣)

و يلاحظ أن ثنائى السليكون يوصل عند جهد أمامى 0.7V، بينما يوصل ثنائى الجرمانيوم عند جهد أمامى 0.3V لذلك يقال إن فقد الجهد فى ثنائى السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً 0.7V، تقريباً فى حين أن فقد الجهد فى ثنائى الجرمانيوم عندما يكون منحازاً أمامياً يساوى 0.3V تقريباً.

والجدير بالذكر أن الثنائى السليكونى هو السائد تقريباً فى أسواق الثنائيات، لأنه الأكثر استقراراً فى درجات الحرارة العالية.

وتستخدم – عادة – ثنائيات الجرمانيوم فى أغراض كشف الإشارات، فى حين تستخدم ثنائيات السليكون فى أغراض التوحيد وفى التطبيقات العامة.

وينصح بتشغيل الثنائى عند جهد أقل من الجهد العكسى الأقصى (PIV) والذى عنده ينهار الثنائى عندما يكون منحازاً عكسياً.

فمثلاً: الثنائى السليكونى الذى خواصه مبينة بالشكل (٢ – ٢٣أ) له جهد عكسى أقصى يساوى 50V– فى حين أن الثنائى الجرمانى الذى خواصه مبينة بالشكل (٢ – ٢٣ب) له جهد عكسى أقصى يساوى 40V.

التعريف بالرموز المستخدمة فى الشكل (٢ – ٢٣):

– تيار الانحياز الأمامى	I_F
– تيار الانحياز العكسى	I_R
– جهد الانحياز الأمامى	E_F
– جهد الانحياز العكسى	E_R

٢ / ٥ / ١ – جداول اختيار الثنائيات:

تقسم الثنائيات إلى ثنائيات إشارة Signal diodes وثنائيات قدرة power diodes ، والجدول (٢ – ٩) يعرض المعلومات الفنية لبعض ثنائيات القدرة الموجودة فى الأسواق.

حيث إن:

الجهد العكسى الأقصى للثنائى PIV

التيار الأمامى I_F

التيار العكسى الأقصى $I_{r\,max}$

الجهد الانحيازى الأمامى V_F

الجدول (٢ - ٩)

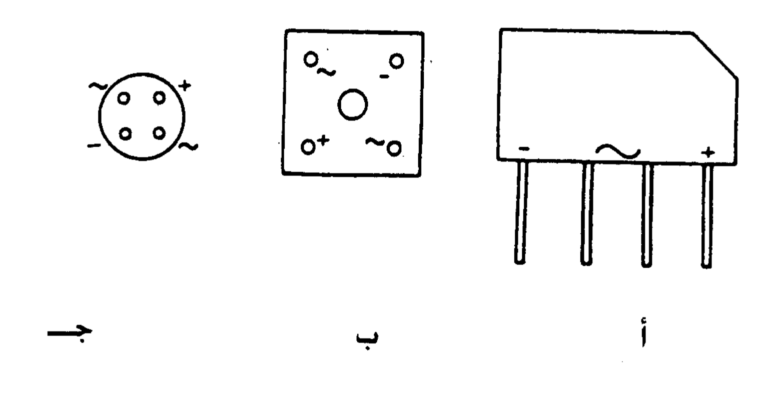
الطراز	PIV (v)	I_F (A)	V_F (V)	$I_{r\,max}$ (µA)
1N 4001	50	1	1.1	10
1N 4002	100	1	1.1	10
1N 4003	200	1	1.1	10
1N 4004	400	1	1.1	10
1N 4005	600	1	1.1	10
1N 4006	800	1	1.1	10
1N 4007	1000	1	1.1	10
1N 5400	50	3	1.1	10
1N 5401	100	3	1.1	10
1N 5402	200	3	1.1	10
1N 5404	400	3	1.1	10
1N 5406	600	3	1.1	10
1N 5407	800	3	1.1	10
1N 5408	1000	3	1.1	10

وتوجد أنوع من الثنائيات السيلكونية تتحمل تيارات تصل إلى 75V. ويوجد في الأسواق قناطر توحيد Bridge rectifiers تتكون من أربعة ثنائيات سليكونية، وتستخدم هذه القناطر في دوائر التوحيد التي سوف نتناولها في الفقرة القادمة. وتزود هذه القناطر بأربعة أطراف، طرفان لدخول التيار المتردد ويرمز لهما ~، ~ وطرفان لخروج التيار المستمر ويرمز لهما + ، – والشكل (٢ – ٢٤) يبين ثلاثة نماذج لقناطر التوحيد وهي:

قنطرة توحيد بأربعة أرجل في صف واحد In line (الشكل أ).

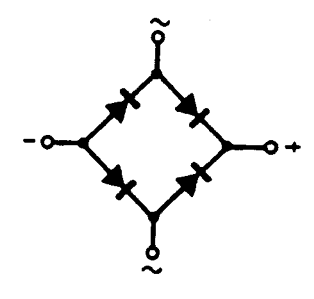
قنطرة توحيد مربعة Square (الشكل ب).

قنطرة توحيد أسطوانية Cylinder (الشكل جـ).



شكل (٢ – ٢٤)

وفيما يلي رمز قنطرة التوحيد:



والجدول (٢ - ١٠) يعرض أهم سلاسل القناطر الموجودة فى الأسواق وتيارها الأقصى الأمامى I_F :

الجدول (٢ - ١٠)

السلسلة	الشكل	I_F
WO	أسطوانية	1
SKB2	بأرجل فى خط واحد	1.6
KBPC	مربعة	2:6
SKB25	مغطاة بالإيبوكسى	6:35

والجدير بالذكر أن جميع هذه السلاسل تثبت على لوحة مطبوعة PC عدا الأخيرة فتثبت على مبردات حرارية Heat Sinks، وعادة فإن معظم هذه القناطر تتوفر عند جهود 200, 400, 600V .

٢ / ٥ / ٢ - دوائر التوحيد Rectification circuits :

تقوم دوائر التوحيد بتحويل التيار المتردد AC إلى تيار مستمر DC، **وهناك عدة أنواع من دوائر التوحيد الأحادية الوجه Single phase وهى كما يلى :**

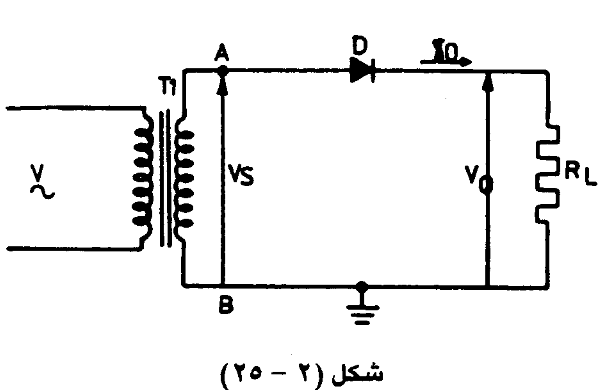
١ - دائرة توحيد النصف موجة .

٢ - دائرة توحيد الموجة الكاملة باستخدام محول بنقطة تفرع فى المنتصف .

٣ - دائرة توحيد الموجة الكاملة باستخدام قنطرة توحيد .

أولاً : دائرة توحيد نصف الموجة :

الشكل (٢ - ٢٥) يعرض دائرة توحيد نصف موجة تستخدم ثنائى سليكونى D_1، فعندما

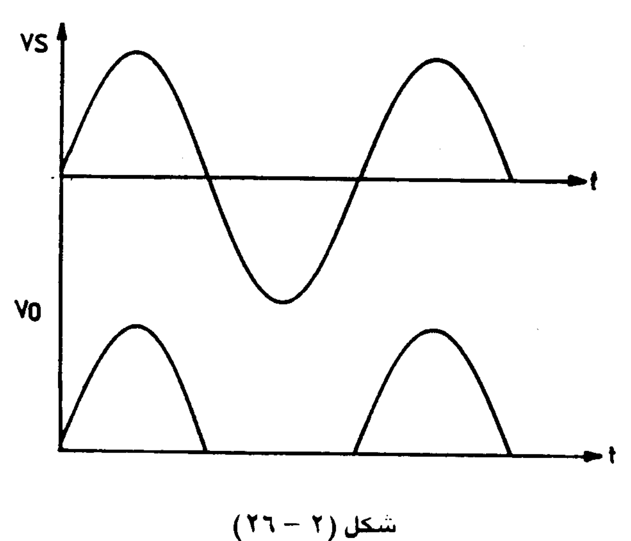


شكل (٢ - ٢٥)

يكون فرق الجهد $V_{AB} = 0.7V$ أى أن جهد النقطة A أعلى من جهد النقطة B بمقدار 0.7V يتحول الثنائى D_1 لحالة الوصل ON وهذا يؤدى لمرور التيار الكهربى فى المقاومة R_L وبمجرد انخفاض فرق الجهد V_{AB} عن 0.7V فإن الثنائى يتحول لحالة القطع OFF وينقطع مرور التيار الكهربى فى المقاومة R_L.

والشكل (٢ - ٢٦) يبين شكل موجة الجهد على أطراف الملف الثانوى للمحول V_S، وكذلك شكل موجة الجهد Vo على أطراف المقاومة R_L.

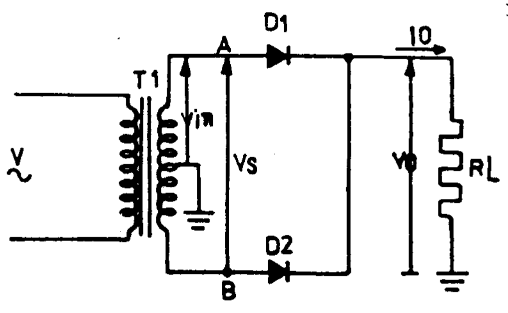
ويلاحظ أن نصف الموجة الموجب فقط هو الذى يظهر على أطراف المقاومة R_L.



شكل (٢ - ٢٦)

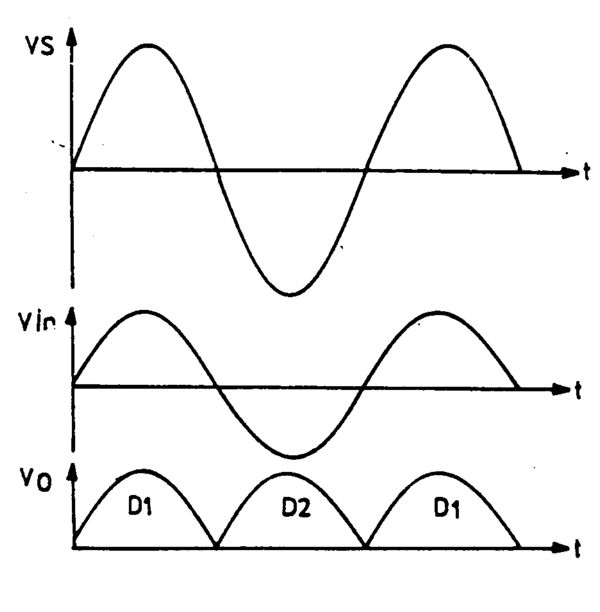
ثانياً : دائرة توحيد الموجة الكاملة :

الشكل (٢ - ٢٧) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام محول له نقطة تفرع فى منتصف الملف الثانوى. فعندما يكون الطرف A موجبا فإن الثنائى D_1 سيكون فى حالة وصل ON، ويمر التيار الكهربى خلاله وصولاً للمقاومة R_L، وذلك فى نصف الموجة الموجب لجهد الملف الثانوى للمحول Vs، وعندما يكون جهد الطرف B موجبا فإن الثنائى، D_2 سيكون فى حالة وصل ON، ويمر التيار الكهربى خلاله



شكل (٢ - ٢٧)

وصولاً للمقاومة RL، وذلك خلال نصف الموجة السالب لجهد الملف الثانوى للمحول Vs .



شكل (٢ – ٢٨)

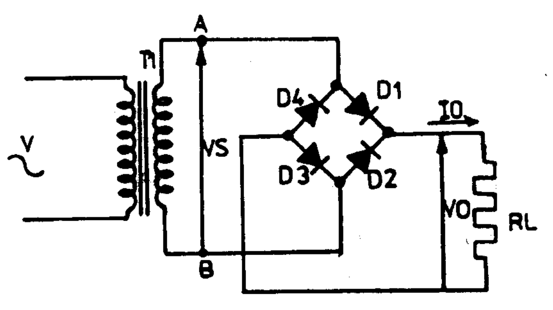
والشكل (٢ – ٢٨) يبين شكل موجة الجهد للملف الثانوى للمحول Vs وموجة الجهد بين النقطة A ونقطة المنتصف أو النقطة B ونقطة المنتصف Vin وكذلك موجة الجهد Vo الخارجة على أطراف المقاومة RL.

ويلاحظ أن الجهد Vin يساوى نصف الجهد Vs، ويلاحظ أيضاً أن الجهد على أطراف المقاومة RL جهد مستمر متغير القيمة .

ويعاب على هذه الدائرة (دائرة التوحيد بمحول له نقطة منتصف) ما يلى :

١– الجهد الخارج على الحمل صغير .

٢– تحتاج لثنائيات تتحمل جهدا عكسيا كبيرا مقارنة بالجهد الخارج .



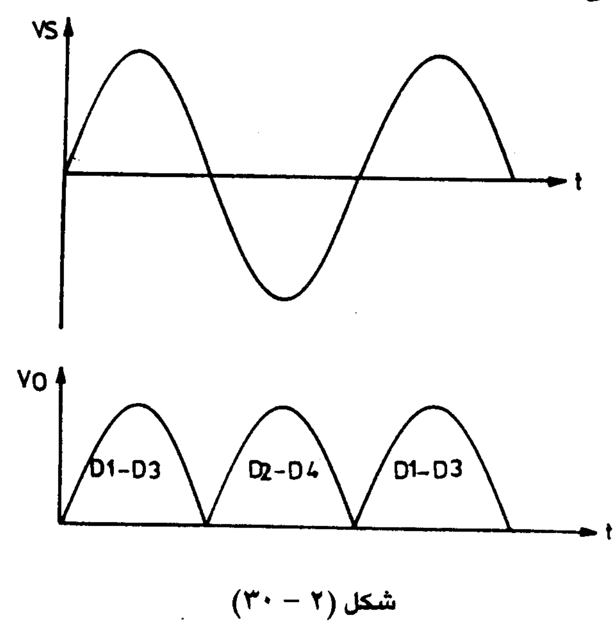
شكل (٢ – ٢٩)

والشكل (٢ – ٢٩) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة مستخدماً قنطرة توحيد .

ففى نصف الموجة الموجب لجهد الملف الثانوى Vs فإن الطرف A يكون موجبا فيمر التيار الكهربى من النقطة A عبر الثنائى D2 ثم مقاومة الحمل RL ثم الثنائى D3 وصولا للنقطة B .

وفى نصف الموجة السالب لجهد الملف الثانوى Vs فإن الطرف B يكون موجبا فيمر التيار الكهربى من النقطة B عبر الثنائى D_4 ثم مقاومة الكهربى R_L.

والشكل (٢ – ٣٠) يبين شكل موجة الجهد للملف الثانوى V_s وكذلك موجة الجهد الخارج على أطراف المقاومة Vo .



شكل (٢ – ٣٠)

والجدول (٢ – ١١) يعقد مقارنة بين خواص دوائر التوحيد السابقة .

الجدول (٢ – ١١)

وجه المقارنة	دائرة توحيد نصف موجة	محول بنقطة منتصف	قنطرة توحيد
الجهد الخارج V_o	$0.45\ V_s$	$0.45\ V_s$	$0.9\ V_s$
التيار الخارج I_o	$0.64\ I_s$	$1.27\ I_s$	$0.9\ I_s$
سعة المحول VA	$3.5\ I_o V_o$	$1.74\ I_o V_o$	$1.23\ I_o V_o$
الجهد الثانوى للمحول V_s	$2.2\ V_o$	$2.2\ I_o$	$1.1\ V_o$
تيار الموحد	I_o	$0.5\ I_o$	$0.5 I_o$
الجهد العكسى الأقصى للموحد PIV	$3.14\ V_o$	$3.14\ V_o$	$1.57\ V_o$

حيث إن :

جهد الملف الثانوى للمحول (متردد)	Vs
تيار الملف الثانوى للمحول (متردد)	Is
سعة المحول	VA
الجهد الخارج (مستمر)	Vo
تيار الحمل (مستمر)	Io
الجهد العكسى الأقصى للموحد	PIV

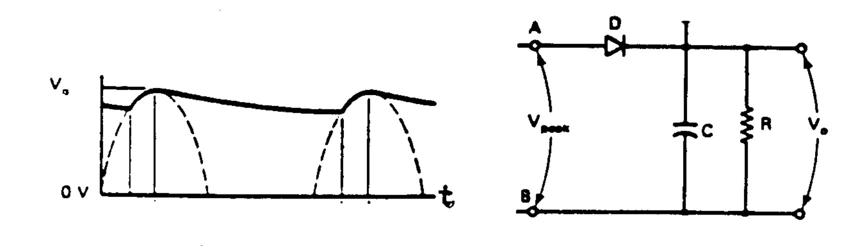
ويمكن رفع الجهد المستمر فى دوائر التوحيد السابقة وكذلك تنعيم الخرج أى جعله بدون تذبذبات، وذلك بتوصيل مكثف كيميائى بالتوازى مع الحمل.

والجدول (٢ - ١٢) يعقد مقارنة بين الدوائر السابقة عند إضافة مكثف كيميائى بالتوازى مع الحمل.

الجدول (٢ - ١٢)

وجه المقارنة	دائرة توحيد نصف موجة	محول بنقطة منتصف	قنطرة توحيد
الجهد الخارج Vo	1.41 Vs	0.71 Vs	1.41 Vs
التيار الخارج Io	0.28 Is	Is	0.62 Is
أقل سعة للمكثف (µF)	4700 Io	2200 Io	2200 Io
جهد التشغيل للمكثف	2.82 Vs	1.4 Vs	2.82 Vs
سعة المحول VA	2.53 VoIo	1.4 VoIo	1.41 VoIo
جهد ثانوى المحول Vs	0.71 Vo	1.41 Vo	0.71 Vo

والشكل (٢ - ٣١) يعرض شكل دائرة توحيد نصف موجة مزودة بمكثف بالتوازى مع الحمل لتنعيم الخرج (الشكل أ)، وكذلك موجة ا لجهد الخارجة على الحمل (الشكل ب).

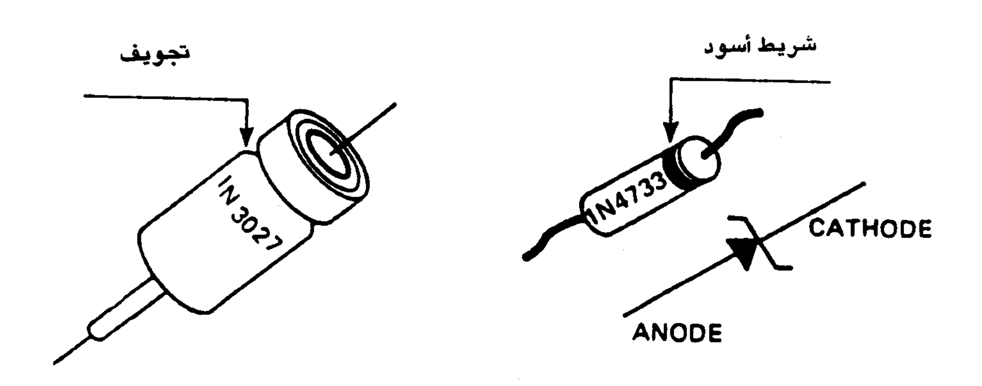


شكل (٢ - ٣١)

٢ / ٥ / ٣ - ثنائي الزينر Zener Diode:

إن ثنائي الزينر هو ثنائي سليكوني له خواص تسمح بإمرار جهد مستمر ثابت في الانحياز العكسي.

والشكل (٢ - ٣٢) يعرض نموذجًا لثنائي زينر طراز IN4733 وكذلك رمزه ونموذجاً آخر لثنائي زينر طراز IN 3027. ويلاحظ أن المهبط يتم تمييزه إما بشريط أسود أو تجويف دائري.



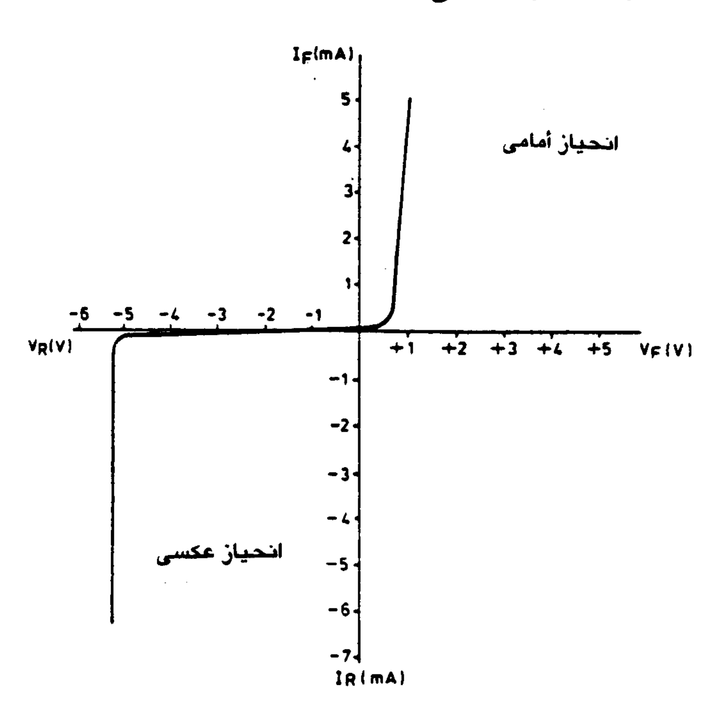
شكل (٢ - ٣٢)

والشكل (٢ - ٣٣) يعرض منحنى الخواص لثنائي زينر طراز BZX85/ C5V1.

ويلاحظ من هذا المنحنى أنه يمر تيار كبير في ثنائي الزينر عندما يكون منحازاً أمامياً، في حين يمر تيار صغير في ثنائي الزينر عندما يكون منحازاً عكسياً.

حيث إن :

جهد الانحياز الأمامى	V_F
جهد الانحياز العكسى	V_R
تيار الانحياز الأمامي	I_F
تيار الانحياز العكسى	I_R



شكل (٢ - ٣٣)

كما يلاحظ أن ثنائى الزينر يتحول لحالة الوصل عندما يكون جهد الانحياز الأمامى V_F مساوياً 0.7V على الأقل، فى حين يتحول ثنائى الزينر فى الانحياز العكسى لحالة الوصل عندما يزداد جهد الانحياز العكسى V_R عن 5.1V. فى هذه الحالة يمر تيار عكسى كبير I_R ويكون فرق الجهد بين طرفى ثنائى الزينر مساوياً 5.1V.

وتختلف ثنائيات الزينر فيما بينها فى قيمة V_R التى يعمل عندها ثنائى الزينر وكذلك قدرة ثنائى الزينر القصوى بالوات.

وتوجد عدة سلاسل لثنائيات الزينر فى الأسواق، أهمها المعروضة فى الجدول (٢ – ١٣)، والذى يوضح أهم خصائص هذه السلاسل.

وحتى يمكن استنتاج خواص ثنائى الزينر من رمزه إليك المثال التالى:

ثنائى زينر طراز (BZX85/ C5V1) هو زينر من السلسلة BZX85 وله تفاوت لجهد الانهيار العكسى يكافئ C **حيث إن**:

C= ± 5%

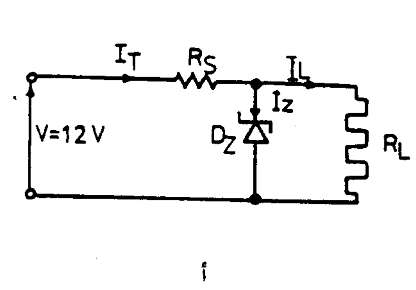
D= ± 10%

وجهد انهياره هو 5V1 أى 5.1V وقدرته هى قدرة السلسلة BZX85، وتساوى 1.3W من الجدول (٢ – ١٣).

الجدول (٢ - ١٣)

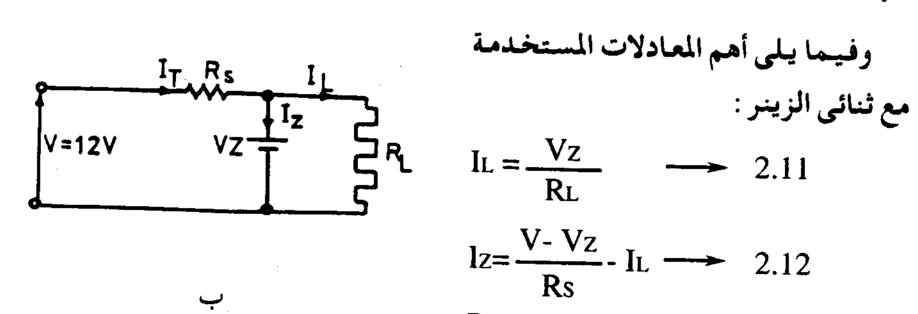
السلسلة	IN5333	BZY97	BZY93	BZX85	BZX61	BZX55	BZY88
حدود الجهد (V)	3.3:24	9.1 : 37	9.1 : 75	5.1 : 62	7.5 : 72	2.4 : 91	2.7 : 15
القدرة	5W	1.5W	20W	7.3W	1.3W	500mW	500mW

وفى الشكل (٢- ٣٤) دائرة تستخدم ثنائى زينر لتنظيم الجهد على المقاومة R_L بحيث لا يزيد عن 5.1V. أما الشكل (ب) فيبين الدائرة المكافئة وذلك باستبدال ثنائى الزينر ببطارية جهدها 5.1V.



أ

وفيما يلى أهم المعادلات المستخدمة مع ثنائى الزينر:



ب

شكل (٢ - ٣٤)

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} \longrightarrow 2.11$$

$$I_Z = \frac{V - V_Z}{R_S} - I_L \longrightarrow 2.12$$

$$P_Z = V_Z I_Z \longrightarrow 2.13$$

حيث إن :

تيار ثنائى الزينر	I_Z
تيار الحمل	I_L
جهد ثنائى الزينر	V_Z
مقاومة الحمل	R_L
التيار الكلى المار فى الدائرة	I_T

وبتطبيق المعادلات السابقة على الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ٣٤)، إذا كان :

$R_L = 60\ \Omega$ ، $R_S = 40\ \Omega$

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{5.1x1000}{60} = 85mA$$

$$I_Z = \frac{(12-5.1)1000}{40} -85 = 87.5mA$$

$$P_Z = 5.1x\frac{87.5}{1000} = 0.44W$$

٢ / ٥ / ٤ - اختبار صلاحية الثنائيات :

يمكن اختبار صلاحية الثنائى (عادى - زينر) باستخدام جهاز الأوميتر، والجدول (٢ - ١٤) يبين طريقة استخدام الأوميتر فى اختبار الثنائى والنتائج المتوقعة إذا كان سليماً .

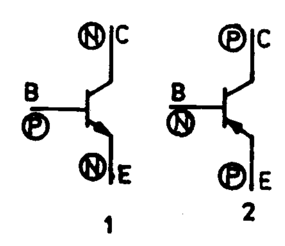
الجدول (٢ - ١٤)

النتائج المتوقعة	الطرف السالب للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب للأوميتر يتصل بـ
مقاومة صغيرة تتراوح ما بين (10:1000Ω)ويعتمد ذلك على نوع الثنائى وعلى تدريج الجهاز فيجب استخدام أصغر تدريج	المهبط Cathode	المصعد Anode
مقاومة كبيرة تصل إلى1MΩ لثنائى الجرمانيوم(Ge) أو 10MΩ الثنائى السليكون (Si) .	المصعد Anode	المهبط Cathode

٢ / ٦ - الترانزستور ثنائى القطبية Bipolar Junction Transistor (BJT) :

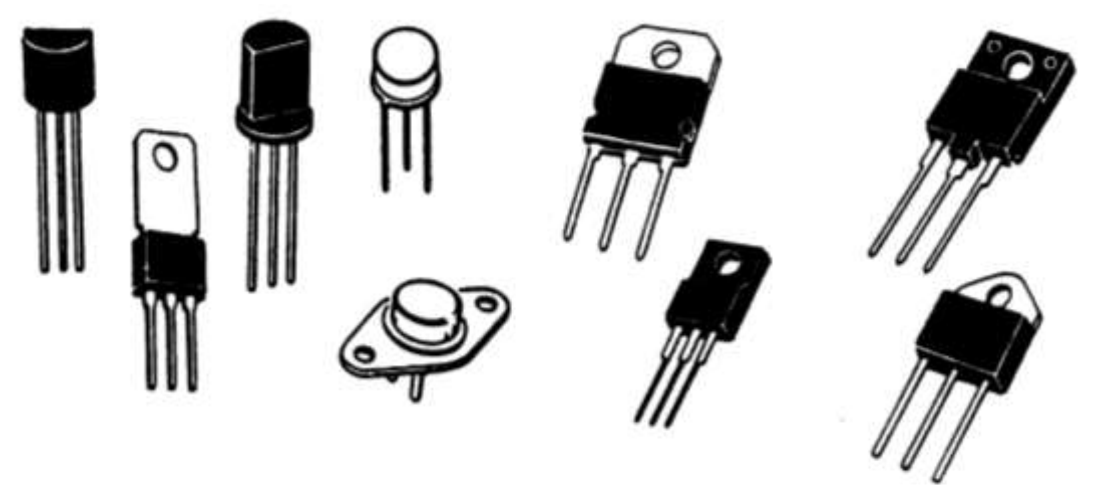
يتكون الترانزستور ثنائى القطبية من وصلة ثلاثية إما أن تكون NPN أو تكون PNP، وله ثلاثة أطراف : الطرف الأول (C) Collector، أى المجمع، والطرف الثانى (B) Base أى القاعدة، والطرف الثالث (E)، Emitter أى الباعث .

وفيما يلى رموز الترانزستورات ثنائية القطبية :



فالرمز 1 لترانزستور NPN . والرمز 2 لترانزستور PNP . ويبين اتجاه السهم الموضوع عند الباعث نوع الترانزستور فالسهم الداخل للقاعدة يعنى ترانزستور PNP . والسهم الخارج من القاعدة يعنى ترانزستور NPN .

والشكل (٢ - ٣٥) يعرض صورا مختلفة للترانزستورات الموجودة فى الأسواق ،

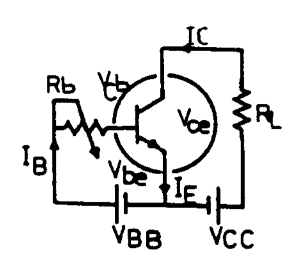


شكل (٢ - ٣٥)

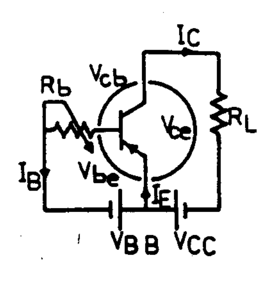
ويعتبر الترانزستور ثنائى القطبية فى حالة فصل طبيعى أى لا يمرر تيار خلاله، وحتى يصبح فى حالة وصل ON يجب تسليط انحياز أمامى بين القاعدة والباعث، وتسليط انحياز عكسى بين القاعدة والمجمع ببطاريتين ويسمى انحيازاً ببطاريتين كما هو موضح بالشكل (٢ - ٣٦). ففى الشكل (أ) دائرة باعث مشترك لترانزستور NPN . ويلاحظ أن جهد القاعدة موجب بالنسبة لجهد الباعث ويسمى هذا انحيازا أماميا فى حين أن جهد المجمع موجب بالنسبة لجهد القاعدة لأن $V_{CC}>>V_{BB}$ ويسمى هذا انحيازاً عكسياً.

وأما الشكل (ب) فدائرة باعث مشترك لترانزستور PNP.

ويلاحظ أن جهد القاعدة سالب بالنسبة لجهد الباعث ويسمى هذا انحيازا أمامياً، فى حين أن جهد المجمع سالب بالنسبة للقاعدة ($V_{CC}>>V_{BB}$) ويسمى هذا انحيازاً عكسياً.



أ



ب

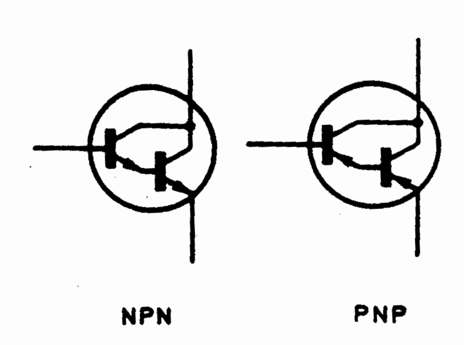
شكل (٢ - ٣٦)

وعندما يصبح فرق الجهد بين القاعدة والباعث V_{BE} مساوياً 0.6:0.7V فى حالة الترانزستور السليكونى أو 0.2:0.3V فى حالة الترانزستور الجرمانى يمر تيار القاعدة (I_B) ويقال فى هذه الحالة أن الترانزستور فى حالة وصل ON، حيث ينتج عن ذلك مرور تيار كبير فى المجمع I_C وتعرف النسبة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة I_B بمعامل كسب التيار Current gain، وتعرف من ورق البيانات للترانزستور بالمعامل β أو المعامل h_{FE} والذى يساوى:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \longrightarrow 2.12$$

وبالتالى يمكن التحكم فى جهد الخرج V_O الموجود على أطراف المقاومة R_L وذلك بتغيير تيار القاعدة I_B بواسطة تغيير المقاومة المتغيرة R_B، وبالتالى يتغير I_Cمما يؤدى لتغيير V_O . علماً بأن قيمة h_{FE} تختلف من ترانزستور لآخر. فمثلاً تتراوح ما بين 100:300 لترانزستور طراز 2N2222 فى حين تتراوح ما بين 30:90 لترانزستور طراز 2N2800 وهكذا.

ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور بقيم تصل إلى 2000 :1000 بربط عدد ٢ ترانزستور معاً كما بالشكل (٢ – ٣٧). والجدير بالذكر أنه يتواجد ترانزستورات تسمى دار لنجتون وهى تحتوى داخلياً على ترانزستورين موصلين معاً كما هو مبين بالشكل (٢ – ٣٧) ويكون معامل كسب التيار لهذه الترانزستورات مساوياً حاصل ضرب معامل كسب التيار للترانزستورين المكافئين.

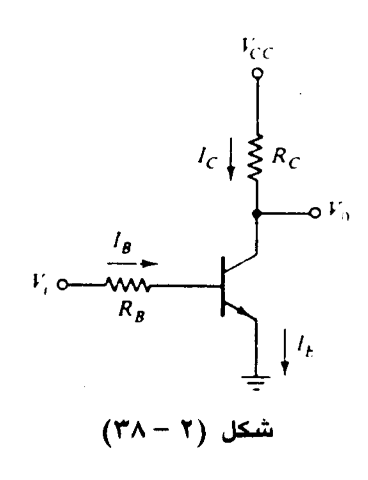


شكل (٢ – ٣٧)

٢ / ٦ / ١ – خواص الترانزستور الثنائى القطبية:

الشكل (٢– ٣٨) يبين دائرة بسيطة لترانزستور NPN ومقاومتين ، وتكون العلاقة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة I_B وتيار الباعث I_E كما يلى:

$$I_E = I_C + I_B \longrightarrow 2.13$$



شكل (٢ - ٣٨)

حيث إن:

جهد البطارية	Vcc
جهد إشارة الدخل بين القاعدة والأرضى	Vi
جهد الخرج	Vo

والجهد V_{CE} هو الفقد فى الجهد بين المجمع والباعث، أما V_{BE} فهى فقد الجهد بين القاعدة والباعث، والجدير بالذكر أنه عند زيادة قيمة V_{BE} عن 0.6V يمر تيار القاعدة I_B، ويزداد I_B بسرعة عند أقل زيادة للجهد V_{BE}، ونادراً ما تصل قيمة V_{BE} إلى 0.8V وكلما ازداد قيمة I_B ازداد I_C وصولاً لحد معين بعدها يثبت قيمة I_C ويقال إن الترانزستور قد وصل لحالة التشبع Saturation. **ومن هذا نستنتج أن الترانزستور له ثلاث حالات وهى:**

حالة القطع Cut off. وذلك عندما يكون $I_B=0$.

حالة التكبير Amplification. عندما يزداد I_C بزيادة I_B.

حالة التشبع Saturation. عندما يثبت I_C مهما ازدادت قيمة I_B.

والجدول (٢ - ١٥) يبين الخواص الفنية ومعادلات التيار للحالات الثلاثة لترانزستور NPN.

الجدول (٢ - ١٥)

علاقات التيار	V_{CE}	V_{BE}	الحالة
$I_B = I_C = 0$	$= V_{cc}$	$< 0.6V$	Cut off قطع ويعمل كمفتاح مفتوح
$I_C = h_{FE} I_B$ $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_L}$	$> 0.8V$	$0.6 - 0.7$	Amplification تكبير
$I_B \geq 2.5 I_{CS} / h_{FE}$ $I_{CS} = \frac{V_{CC} - 0.2}{R_L}$ $R_B = \frac{V_i - 0.7}{I_B}$	$0.2V$	$0.7 - 0.8V$	Saturation تشبع ويعمل كمفتاح مغلق

حيث إن :

تيار المجمع عند التشبع I_{CS}

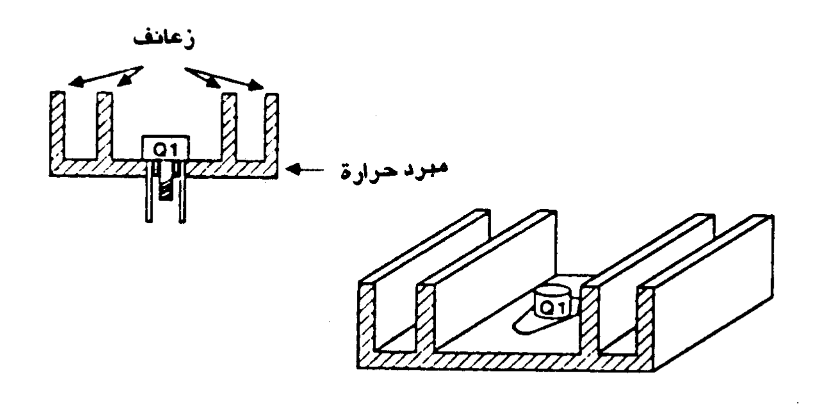
والمعادلة 2.14 تعطى القدرة المستهلكة P_t فى الترانزستور عندما يكون فى حالة تشبع أو تكبير.

$$P_t = V_{CE} I_c + V_{BE} I_B \longrightarrow 2.14$$

ويجب مراعاة عدم تعدى القدرة المستهلكة (المشتتة) Dissipated Power فى الترانزستور عن القيمة الموصى بها فى ورق بيانات الترانزستور Data sheets .

وعادة يثبت ترانزستور القدرة على مبرد حرارى Heat Sink لتبريد الحرارة المتولدة فى الترانزستور، وبالتالى لمنع ارتفاع درجة حرارة الترانزستور للحد الذى يسبب انهياره.

والشكل (٢ - ٣٩) يوضح كيفية تثبيت ترانزستور القدرة على مبرد حرارى.



شكل (٢ - ٣٩)

٢ / ٦ / ٢ - جداول اختيار الترانزستور:

توجد عوامل كثيرة تأخذ فى الاعتبار عند اختيار الترانزستور، أهمها :

النوع	NPN أو PNP
أقصى جهد مسموح به بين c,b	V_{cb} max
أقصى جهد مسموح به بين e,b	V_{eb} max
أقصى تيار مجمع مسموح به	I_c max
أقصى قدرة مستهلكة فى الترانزستور	P_t max
معامل كسب التيار الأقصى	h_{fe} max
معامل كسب التيار الأدنى	h_{fe} min

والجدول (٢ - ١٦) يعرض المواصفات الفنية لبعض الترانزستورات BJT .

حيث إن :

مفتاح	(SW)	Switch
قائد	(DR)	Driver
قدرة	P	Power
دارلنجتون	D	Darlington

الجدول (٢ - ١٦)

الطراز	النوع	الوظيفة	I_c max	V_{ce} max	V_{cb} max	P_t max	h_{fe} min	h_{fe} max
2 N2219A	NPN	SW	800 mA	40 V	75 V	800 mw	75	
2 N 222A	NPN	SW	800 mA	40 V	75 V	500 mw	35	
2 N 2905	PNP	SW	600 mA	40 V	60 V	600 mw	150	300
2 N 3903	NPN	SW	200 mA	40 V	60 V	350 mw	50	150
2 N 3904	NPN	SW	200 mA	40 V	60 V	310 mw	100	300
2 N 3906	PNP	SW	200 mA	40 V	40 V	310 mw	100	300
BC 107	NPN	DR	100 mA	45 V	50 V	360 mw	110	450
BC 142	NPN	DR	800 mA	60 V	80 V	800 mw	20	250
BC 143	PNP	DR	800 mA	60 V	60	800 mw	25	250
BC 177	PNP	DR	100 mA	45 V	50 V	300 mw	125	500
BC 327	PNP	DR	500 mA	45 V	50 V	625 mw	100	600
BC 337	NPN	DR	500 mA	45 V	50 V	625 mw	100	600
2 N 3054	NPN	P	4 A	55 V	90 V	29 w	25	
2 N 3055	NPN	P	15 A	60 V	100 V	115 w	20	70
TIP 31A	NPN	P	3 A	60 V	60 V	40 w	10	60
TIP 32 A	PNP	P	3 A	60 V	60 V	40 w	10	40
TIP 41 A	NPN	P	6 A	60 V	60 V	65 w	15	
TIP 42 A	PNP	P	6 A	60 V	60 V	65 w	15	
TIP 121	NPN	D	5 A	80 V	80 V	65 w	1000	
TIP 126	PNP	D	5 A	80 V	80 V	65 w	1000	
TIP 132	NPN	D	8 A	100 V	100 V	70 w	1000	
TIP 137	PNP	D	8 A	100 V	100 V	70 w	1000	
TIP 141	NPN	D	10A	80 V	80 V	125 w	1000	
TIP 146	PNP	D	10 A	80 V	80 V	125 w	1000	

٢ / ٦ / ٣ - اختبار صلاحية الترانزستور:

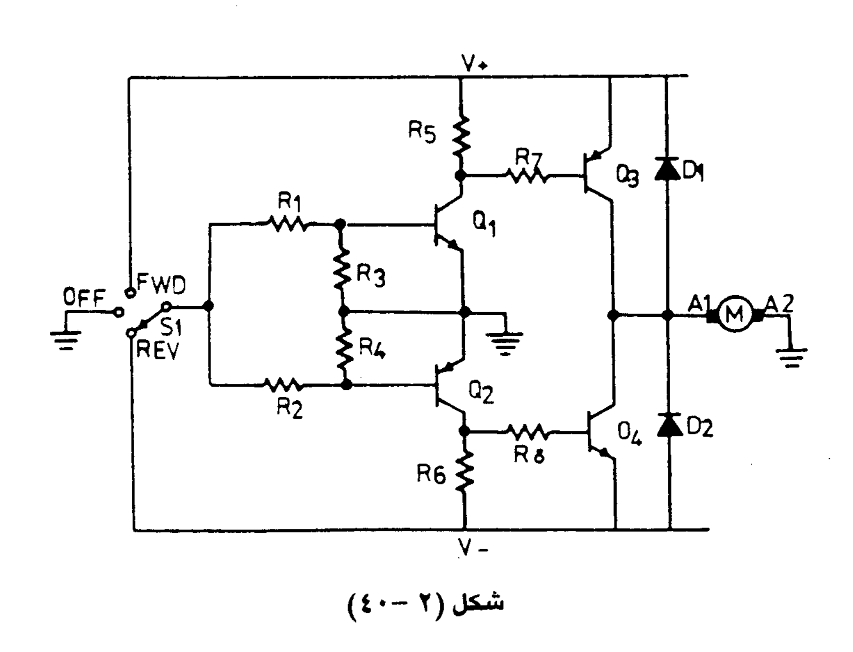
يستخدم جهاز الأوميتر فى اختبار صلاحية الترانزستورات، كما هو مبين بالجدول (٢ - ١٧).

الجدول (٢ - ١٧)

النتائج المتوقعة	الطرف السالب - للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر يتصل بـ	نوع الترانزستور
مقاومة كبيرة جداً إذا لم يتسبب جهد الأوميتر فى إحداث انهيار لوصلة الباعث والقاعدة	القاعدة Base	الباعث Emitter	NPN
مقاومة صغيرة	الباعث Emitter	القاعدة Base	
مقاومة كبيرة	القاعدة Base	المجمع Collector	
مقاومة صغيرة	المجمع Collector	القاعدة Base	
مقاومة كبيرة	المجمع Collector	الباعث Emitter	
مقاومة كبيرة وأكبر من الحالة السابقة	الباعث Emitter	المجمع Collector	
تشبه النتائج المتوقعة فى حالة الترانزستور PNP النتائج المتوقعة فى حالة الترانزستور NPN، عدا أنه يجب عكس قطبية الأوميتر.			PNP

٢ / ٦ / ٤ - تطبيقات على استخدام الترانزستور فى التحكم:

الشكل (٢ - ٤٠) يعرض دائرة إلكترونية بسيطة للتحكم فى اتجاه محرك تيار مستمر، يعمل من مصدر جهد مزدوج + 12V, 0V, -12 V



شكل (٢ -٤٠)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1KΩ	R_1 - R_4
مقاومة كربونية 10KΩ	R_5 , R_6
مقاومة كربونية 100KΩ	R_7, R_8
ترانزستور NPN طراز 2 N 3904	Q_1
ترانزستور NPN طراز 2 N 3906	Q_2
ترانزستور NPN طراز MJE 2955	Q_3
ترانزستور NPN طراز 2 N 3055	Q_4
ثنائيات سليكونية طراز 1 N 4001	D_1 , D_2
مفتاح قطب واحد بثلاث سكك	SW
محرك تيار مستمر له تيار يصل إلى 15A	

نظرية التشغيل:

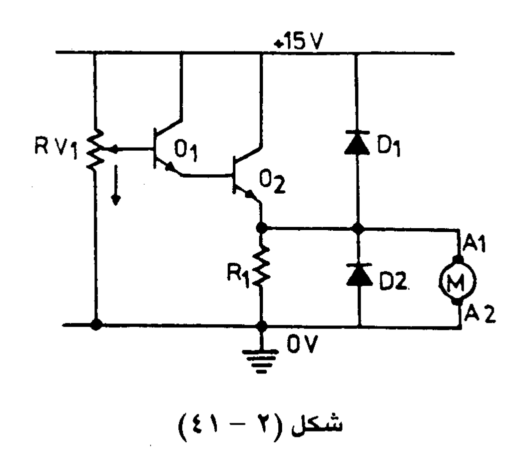
عند وضع المفتاح SW على وضع (FWD) يصبح Q_1 فى حالة وصل (لاتصال قاعدته بالجهد +12V)، وتباعاً يصبح Q_3 فى حالة وصل (لاتصال قاعدة Q_3 بالأرضى عند تحول Q_1 لحالة الوصل)، فى حين يصبح Q_2, Q_4 فى حالة قطع، فيتصل الطرف A_1 للمحرك بالجهد 12V + ويدور المحرك فى اتجاه عقارب الساعة.

وعند وضع المفتاح SW على وضع (REV) يصبح Q_2 فى حالة وصل (لاتصال قاعدته بالجهد 12V-) وتباعاً يصبح Q_4 فى حالة وصل (لاتصال قاعدة Q_4 بالأرضى عند تحول Q_2 لحالة الوصل) فى حين يصبح Q_1, Q_3 فى حالة قطع ويتصل الطرف A_1 للمحرك بالجهد 12V- ويدور المحرك فى عكس اتجاه عقارب الساعة.

وعند وضع المفتاح SW على وضع OFF يكون كل من Q_1-Q_4 فى حالة قطع وبالتالى يكون فرق الجهد على أطراف المحرك صفراً ويكون المحرك فى حالة توقف. ويقوم كل من D_1, D_2 بحماية الترانزستورات Q_3, Q_4 من القوة الدافعة الكهربية العكسية المتولدة من المحرك عند تحول هذه الترانزستورات لحالة القطع.

والجدير بالذكر أن الترانزستورات Q_1-Q_4 فى هذه الدائرة تعمل كمفتاح إما فى حالة قطع أو فى حالة وصل.

والشكل (٢ - ٤١) يعرض دائرة إلكترونية بسيطة للتحكم فى سرعة محرك تيار مستمر نوع التوالى بالتحكم فى جهد أطراف المحرك.



شكل (٢ - ٤١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 470 Ω	R_1
مجزئ جهد 2.7 KΩ	RV_1
ثنائى سليكونى 1 N 4001	D_1, D_2
ترانزستور NPN طراز 2 N 3053	Q_1
ترانزستور NPN طراز 2 N 3055	Q_1

محرك تيار مستمر بمغناطيس دائم يصل تياره إلى 15A

نظرية التشغيل:

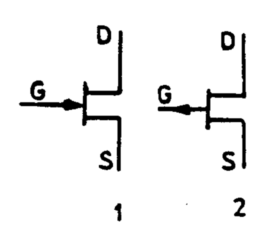
حرك الذراع المنزلق لمجزئ الجهد RV_1 فى الاتجاه المبين وصولاً لآخر وضع ثم وصل التيار الكهربى للدائرة ستجد أن المحرك لا يدور والسبب فى ذلك أن جهد قاعدة Q_1 صفراً وبالتالى فإن Q_1,Q_2 سيكونان فى حالة قطع. وعند تحريك الذراع المنزلق لمجزئ الجهد RV_1 فى الاتجاه المضاد تلاحظ أنه كلما حركت ذراع مجزئ الجهد RV_1 لأعلى ازدادت سرعة المحرك. والسبب فى ذلك أن زيادة جهد قاعدة Q_1 أدت إلى زيادة تيار قاعدته فازداد تيار مجمعه. وبالتالى يزداد جهد قاعدة Q_2 فيزداد تيار مجمع Q_2 تباعًا ونتيجة لذلك يزداد الجهد المتشكل على المقاومة R_1 (تبعًا لقانون أوم)، ومن ثم يزداد جهد أطراف المحرك فتزداد سرعة المحرك.

والجدير بالذكر أن الترانزستوران Q_1,Q_2 يعملان فى هذه الدائرة كمكبرات حيث يتم التحكم فى تيار مجمعهما بالتحكم فى تيار قاعدتهما.

٢ / ٧ - ترانزستور تأثير المجال الالتصاقى JFET:

يصنع ترانزستور تأثير المجال الالتصاقى من طبقة من أشباه الموصلات، تحتوى على قناة من أشباه الموصلات، ولكن بقطبية معاكسة، ويوجد نوعان من JFET، الأول بقناة موجبة P والثانى بقناة سالبة N. وتزود JFET بثلاثة أطراف وهى المصرف Drain (D) والمصدر أو المنبع Source (S) والبوابة Gate (G).

وفيما يلى رموز ترانزستورات المجال الالتصاقى :



فالرمز1 لترانزستور JFET بقناة N. والرمز 2 لترانزستور JFET بقناة P. ويلاحظ أن الفرق بين الرمزين هو اتجاه السهم الموضوع على البوابة فالسهم الداخل يعنى ترانزستور بقناة N، والسهم الخارج يعنى ترانزستور بقناة P.

ويؤدى المصدر والمصرف والبوابة نفس وظائف الباعث والمجمع والقاعدة للترانزستور الثنائى القطبية.

والجدول (٢ – ١٨) يبين مقارنة بين ترانزستورات تأثير المجال الالتصاقى والترانزستورات ثنائى القطبية.

الجدول (٢ – ١٨)

وجه المقارنة	ترانزستور تأثير مجال التصاقى	ترانزستور ثنائى القطبية
طريقة التحكم	يتم التحكم فيه بجهد الدخل	يتم التحكم فيه بتيار الدخل
نوع انحياز دائرة الدخل	يعمل عند انحياز عكسى بين البوابة والمصدر	يعمل عند انحياز أمامى بين القاعدة والباعث
طبيعة الكسب	يوصف بالموصلية الانتقالية g_{FS} $g_{FS} = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$ (S) ووحدة الموصلية الانتقالية هى السيمنز (S) وتساوى (A/V)	يوصف بكسب التيار h_{FE} $h_{FE} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$
مستوى الضوضاء	ضعيف جداً	مرتفع
التوصيل بالتوالى	يمكن توصيل أكثر من واحد على التوازى لأن لهم معامل حرارى سالب	يمكن توصيل عدة ترانزستورات على التوازى

حيث إن :

التغير فى تيار المصرف الناتج عن ΔV_{GS}	ΔI_D
التغير فى فرق الجهد بين البوابة والمصدر	ΔV_{GS}
التغير فى تيار المجمع	ΔI_C
التغير فى تيار القاعدة	ΔI_B

والجدير بالذكر أن ترانزستور JFET ذا القناة N هو الأكثر انتشاراً، ويتميز ترانزستور JFET ذو القناة N بأن تيار المصرف I_D يكون أكبر ما يمكن عندما يكون فرق الجهد بين البوابة والمصدر V_{GS} مساوياً الصفر ويقل تيار المصرف كلما انخفض V_{GS} عن الصفر.

أى أن ترانزستور JFET ذا القناة N يمكن اعتباره فى حالة وصل طبيعى.

وتستخدم ترانزستورات JFET كمفاتيح، وأيضًا كمكبرات تمامًا مثل الترانزستورات الثنائية القطبية.

٢ / ٧ / ١ - جداول اختيار ترانزستور JFET :

توجد عدة عوامل على أساسها يختار ترانزستور JFET، أهمها :

النوع (قناة N - قناة P)

أقصى جهد بين المصدر والمصرف	V_{DS} max
أقصى جهد بين البوابة والمصدر	V_{GS} max
أقصى قدرة مستهلكة فى المصرف	P_D max

علما بأن :

$$P_D \max = I^2_D \max . R_{DS} \longrightarrow 2.15$$

حيث إن :

أقصى تيار للمصرف	I_D max
أقصى مقاومة بين S,D فى حالة الوصل بالأوم	R_{DS}

والجدول (٢ - ١٩) يعرض المواصفات الفنية لبعض ترانزستورات JFET التى تعمل كمفتاح.

الجدول (٢ - ١٩)

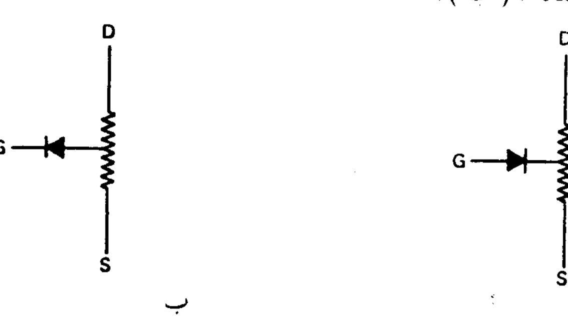
الطراز	النوع	VGS max	VGS max	PD max
2 N 4092	قناة N	40V	-7V	1.8 W
2 N 4391	قناة N	40V	-10V	1.8 W
2 N 4392	قناة N	40V	-5V	1.8 W
2 N 4858	قناة N	40V	-4V	1.8 W
2 N 4861	قناة N	30V	-4V	360 mw

٢ / ٧ / ٢ - اختبار صلاحية ترانزستور JFET :

يتم اختبار صلاحية JFET بجهاز الأوميتر، حيث إن ترانزستور JFET ذا قناة N يعتبر كثنائى موصل من مصعده بنقطة المنتصف لمقاومة.

أما ترانزستور JFET ذو قناة P يعتبر كثنائى موصل من مهبطه بنقطة المنتصف لمقاومة.

والشكل (٢ - ٤٢) يبين الدائرة المكافئة لكل من ترانزستور JFET بقناة N (أ) وترانزستور JFET بقناة P (ب).



شكل (٢ - ٤٢)

والجدول (٢ - ٢٠) يبين طريقة اختبار ترانزستورات JFET باستخدام الأوميتر.

الجدول (٢ - ٢٠)

النتائج المتوقعة	الطرف السالب - للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر يتصل بـ	النوع
مقاومة تتراوح ما بين 500 Ω: 5 kΩ مقاومة تتراوح ما بين 500 Ω: 5 kΩ مقاومة صغيرة مقاومة أكبر من 10MΩ إذا لم يتعد جهد البطارية جهد الانهيار	المصدر Source المصرف Drain المصدر أو المصرف البوابة Gate	المصرف Drain المصدر Source البوابة Gate المصدر أو المصرف	ترانزستور JFET بقناة سالبة N
نفس نتائج ترانزستور JFET بقناة N ولكن عند عكس قطبية جهاز الأوميتر			ترانزستور JFET بقناة موجبة P

٢ / ٨ - ترانزستور تأثير المجال أكسيد المعدن شبه الموصل Mosfet :

توجد تسمية أخرى لترانزستور تأثير المجال أكسيد المعدن شبه الموصل Mosfet وهى ترانزستور تأثير المجال ذات البوابة المعزولة (IGFET) .

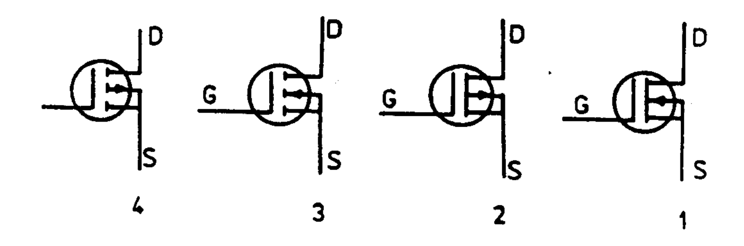
ويوجد نوعان من هذا الترانزستور، وهما :

١ - ترانزستور نوع النضوب Depletion type

٢ - ترانزستور نوع التعزيز Enhancement type

وكلاهما له ثلاثة أطراف تشبه أطراف ترانزستور JFET

وفيما يلى رمز ترانزستورات Mosfet



فالرمز 1 لترانزستور نوع النضوب بقناة N

والرمز 2 لترانزستور نوع النضوب بقناة P

والرمز 3 لترانزستور نوع التعزيز بقناة N

والرمز 4 لترانزستور نوع التعزيز بقناة P

والفرق بين ترانزستور MOSFET نوع النضوب ونوع التعزيز فى قطبية فرق الجهد بين البوابة والمصدر V_{GS} والذى يعمل عنده كلاهما، فيعمل ترانزستور النضوب بقناة N عندما يكون فرق الجهد V_{GS} بالموجب أو السالب، ويزداد تيار المصرف I_D بزيادة فرق الجهد عند القطبية الموجبة، ويقل بزيادة فرق الجهد عند القطبية السالبة، لذلك يمكن اعتباره فى حالة توصيل طبيعى.

ويعمل ترانزستور التعزيز بقناة N عندما يكون قطبية فرق الجهد V_{GS} بالموجب فقط، ويزداد تيار المصرف بزيادة فرق الجهد ويقل بنقصان فرق الجهد، وينعدم عندما يكون فرق الجهد مساويًا صفرًا، ويقال فى هذه الحالة: إن الترانزستور فى حالة قطع، والجدير بالذكر أن ترانزستور MOSFET نوع التعزيز بقناة N هو أغلب أنواع ترانزستورات MOSFET انتشاراً، حيث يستخدم كعنصر قدرة. ولقد استطاعت ترانزستورات MOSFET التغلب على مشكلة كبيرة موجودة فى الترانزستورات الثنائية القطبية وهى كبر تيار تشغيلها (تيار القاعدة). فمثلاً: يبلغ تيار تشغيل ترانزستور دار لنجتون معامل كسبه 100 وتيار مجمعه 300A حوالى 3A. وهذا العيب يظهر بوضوح فى ترانزستورات القدرة لصغر معامل كسب التيار لها، فقد يصل تيار قاعدة ترانزستور قدرة تيار مجمعه 300A وكسبه 10 حوالى 30A.

والجدير بالذكر أنه يوجد أنواع من MOSFET تتحمل جهودًا تصل إلى 650V وتيارات تصل إلى 100A.

وفيما يلى أهم الملاحظات التى تراعى عند التعامل مع ترانزستورات MOSFET:

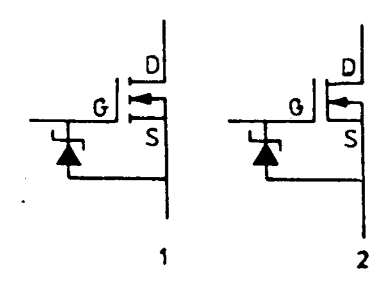
١ – يجب فصل التيار الكهربى عن الدائرة أثناء رفع الترانزستورات من الدائرة؛ وذلك لمنع تولد الجهود العابرة التى تتلف الترانزستور.

٢ - يتم توصيل معصم اليد للقائم بإصلاح الدوائر التى تحتوى على ترانزستورات MOSFET بأرضى الدائرة أو بأرضى الشاسيه.

٣ - يتم تأريض كاوية اللحام جيداً ولا تستخدم مكواة اللحام التى على شكل مسدس.

علماً بأن معظم الأنواع الجديدة من ترانزستورات MOSFET الموجودة فى الأسواق تحتوى على ثنائى زينر بين البوابة والمصدر لمنع ارتفاع V_{GS} إلى قيم غير آمنة (15V). وبالتالى تحمى الترانزستور من الجهود العابرة بالدائرة، وكذلك عند النقل نتيجة لانتقال الشحنات الاستاتيكية إلى أرجل الترانزستور بفعل احتكاك البلاستيك أو الفيبر بها، أو نتيجة لانتقال الشحنات الاستاتيكية عند ملامسة أجسام الأشخاص لها أثناء التداول. والشركات المصنعة - عادة - تقوم بعمل قصر لأرجل الترانزستور بحلقة معدنية أو سلك أو صفيحة رقيقة لحماية الترانزستور أثناء التداول.

فيما يلى رموز ترانزستورات MOSFET التى تحتوى على ثنائى زينر :



فالرمز 1 لترانزستور MOSFET نوع التعزيز. والرمز 2 لترانزستور MOSFET نوع النضوب.

٢ / ٨ / ١ - جداول اختيار ترانزستور MOSFET :

الجدول (٢ - ٢١) يعرض أنواعاً مختلفة من ترانزستورات MOSFET المستخدمة فى الأغراض العامة.

حيث إن :

تيار المصرف الأقصى	I_D max
فرق الجهد بين المصرف والمصدر الأقصى	V_{DS} max
القدرة القصوى المستهلكة فى المصرف	P_D max
موصلية النقل	g_{FS}

الجدول (٢ - ٢١)

الطراز	النوع	I_D max	V_{DS} max	P_D max	g_{FS} min
2 N 7010	قناة N	1.3 A	60 V	1.2 W	
2 N 7014	قناة N	3.5 A	100 V	20 W	0.75 S
2 N 7054	قناة N	38 A	100 V	150 W	8 S
2 N 7055	قناة N	28 A	200 V	150 W	8 S
2 N 7058	قناة N	12 A	500 V	150 W	6 S
IRF 120	قناة N	8 A	100 V	40 W	1.5 S
IRF 130	قناة N	14 A	100 V	75 W	4 S
IRF 330	قناة N	5.5 A	400 V	75 W	3 S
IRF 510	قناة N	4 A	100 V	20 W	1 S
IRF 520	قناة N	8 A	100 V	40 W	1.5 S
IRF 530	قناة N	14 A	100 V	75 W	4 S
IRF 720	قناة N	3 A	400 V	40 W	1 S
IRF 730	قناة N	5.5 A	400 V	75 W	3 S
IRF 840	قناة N	8 A	500 V	125 W	4 S

٢ / ٨ / ٢ - اختبار صلاحية ترانزستور MOSFET :

يمكن اختبار صلاحية ترانزستورات MOSFET باستخدام جهاز الأوميتر. والجدول (٢ - ٢٢) يبين طريقة استخدام جهاز الأوميتر فى اختبار صلاحية ترانزستورات MOSFET بنوعيها : نوع التعزيز E، ونوع النضوب DE .

الجدول (٢ - ٢٢)

النتائج المتوقعة	الطرف السالب - للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر يتصل بـ	النوع
مقاومة أكبر من 10MΩ	المصدر Source	المصرف Drain	نوع التعزيز E
مقاومة أكبر من 10MΩ	المصرف Drain	المصدر Source	بقناة N
مقاومة أكبر من 100MΩ	المصدر أو المصرف	البوابة Gate	
مقاومة أكبر من 100MΩ	البوابة Gate	المصدر أو المصرف	
مقاومة تتراوح ما بين 500Ω:5K	المصدر Source	المصرف Drain	نوع النضوب DE
مقاومة تتراوح ما بين 500Ω:5K	المصرف Drain	المصدر Source	بقناة N
مقاومة أكبر من 100 MΩ	المصدر أو المصرف	البوابة Gate	
مقاومة أكبر من 100 MΩ	البوابة Gate	المصدر أو المصرف	

٢ / ٨ / ٣ - تطبيق على استخدام ترانزستورات MOSFET فى التحكم :

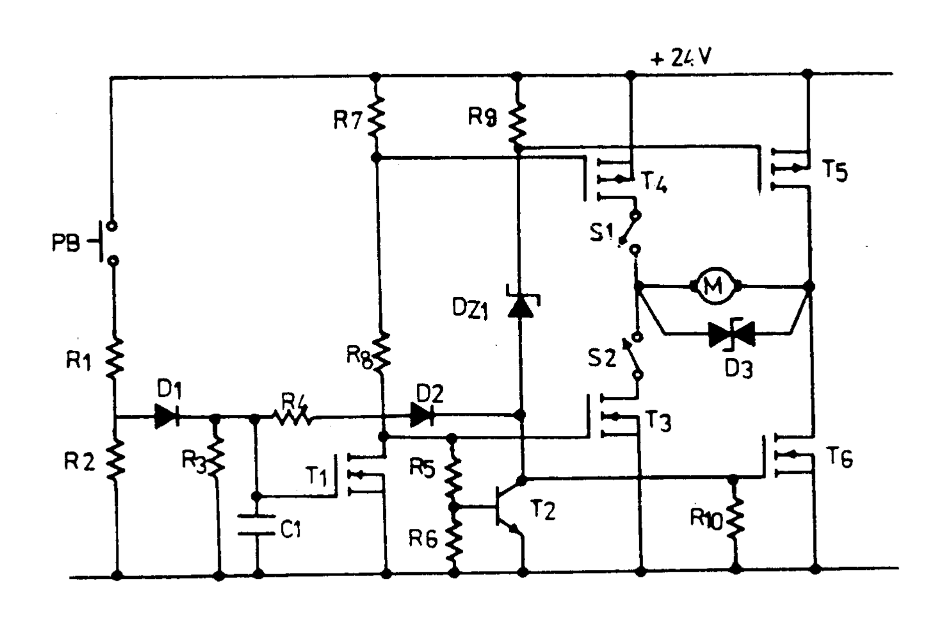
الشكل (٢ - ٤٣) يعرض دائرة التحكم فى محرك تيار مستمر دائم يتحكم فى بوابة أتوماتيكية .

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 470 Ω	R_1	مكثف بوليستير سعته 1µf	C_1
مقاومة كربونية 10 Ω	R_2	ثنائى طراز 1N9/4	D_1
مقاومة كربونية 10 M Ω	R_3	ثنائى طراز 1N9/4	D_2
مقاومة كربونية 1 K Ω	R_4	ثنائى زينر جهده 12V	D_{Z1}
مقاومة كربونية 27 K Ω	R_5	ثايركتور طراز ZZ 36	D_3
مقاومة كربونية 18 K Ω	R_6	ترانزستور VMOS بقناة N طراز BS 170	T_1
مقاومة كربونية 12 K Ω	R_7	ترانزستور NPN طراز BC107	T_2
مقاومة كربونية 10 K Ω	R_8	ترانزستور VMOS بقناة N طراز BD 522	T_3
مقاومة كربونية 2.2 K Ω	R_9	ترانزستور VMOS بقناة P طراز BD 512	T_4

مقاومة كربونية	$22\ K\Omega$	R_{10}	ترانزستور VMOS بقناة P طراز BD 512 T_5
ضاغط بريشة مفتوحة	NO	PB_1	ترانزستور VMOS بقناة N طراز BD 522 T_6

مفاتيح نهايات مشوار بريش مفتوحة S_2 ، S_1



شكل (٢ - ٤٣)

نظرية التشغيل:

فى الوضع الطبيعى تكون البوابة مغلقة، ويكون مفتاح نهاية المشوار S_1 مغلقًا وعند الضغط على الضاغط PB_1 يشحن المكثف C_1 ويتحول T_1 لحالة الوصل، فيصبح جهد مصدر T_1 يقترب من الصفر، وينتقل هذا الجهد لقاعدة T_2 ولبوابة T_3, T_4 فيتحول T_2 لحالة القطع، ويتحول T_3 لحالة القطع، ويتحول T_4 لحالة الوصل لأنه نوع P . ونتيجة لتحول T_2 لحالة القطع يصبح جهد مجمعه يقترب من 12V فينتقل هذا الجهد لبوابة T_6 فيتحول T_6 لحالة الوصل، وبالتالى يدور المحرك ليفتح البوابة، وعند تمام فتح البوابة يغلق المفتاح S_2 ويفتح المفتاح S_1 . وفى نفس الوقت يفرغ

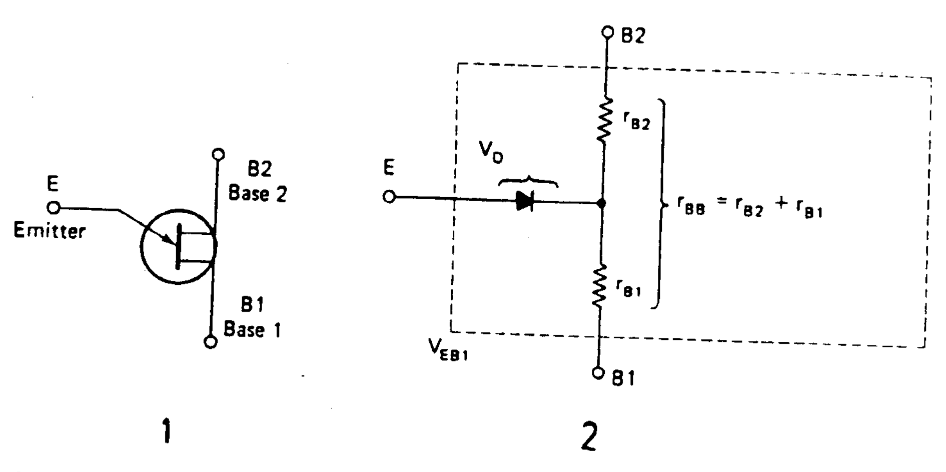
المكثف C_1 شحنته فى بوابة T_1 وكذلك فى المقاومة R_3، وبعد 20 sec يتحول T_1 لحالة القطع لأن الجهد على المكثف C_1 سيصبح غير كاف لتحويله لحالة الوصل. حينئذ ينتقل جهد مجمع T_1 الذى يساوى +24V لقاعدة T_2 وبوابة T_3, T_4 فيتحول T_2 لحالة الوصل، وكذلك T_3 لحالة الوصل، ونتيجة لتحول T_2 لحالة الوصل يصبح جهد مجمعه يقترب من الصفر فينتقل هذا الجهد لبوابة T_5, T_6 فيتحول T_5 لحالة الوصل، وينعكس اتجاه دوران المحرك ليغلق البوابة مرة أخرى.

والجدير بالذكر أن زمن فتح أو غلق البوابة عادة أقل من 20 ثانية، كما أن الثايركتور D_3 يقوم بحماية المحرك من زيادة الجهد المفرطة، حيث يتحول لحالة الوصل عند ارتفاع الجهد عن الجهد المقنن، وبذلك يحافظ على ثبات الجهد على أطراف المحرك عند القيمة المقننة.

٢ / ٩ - الترانزستور الأحادى الوصلة UJT:

لترانزستور UJT ثلاثة أطراف: وهى القاعدة الأولى B_1، والقاعدة الثانية B_2، والباعث E. وهو يشبه الترانزستور الثنائى القطبية الصغير فى الشكل لحد كبير.

وفيما يلى رمز UJT (الرمز 1) والدائرة المكافئة له (الرمز 2).

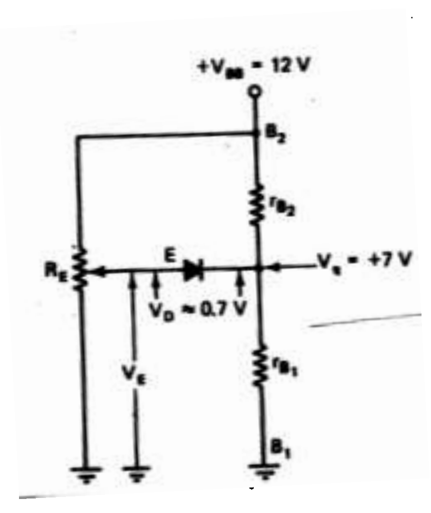


وعادة فإن المقاومة الكلية بين القاعدتين $r_{BB} = r_{B1} + r_{B2}$ تتراوح ما بين 5:10

KΩ وتعرف النسبة بين المقاومة r_{B1} والمقاومة الكلية r_{BB} بالنسبة الداخلية Intrin-sic ratio، ويرمز لها η وتساوى:

$$\eta = \frac{r_{B1}}{r_{B1} + r_{B2}} = 0.5 : 0.8 \longrightarrow 2.16$$

٢ / ٩ / ١ - عمل الترانزستور الأحادى الوصلة UJT :



شكل (٢ - ٤٤)

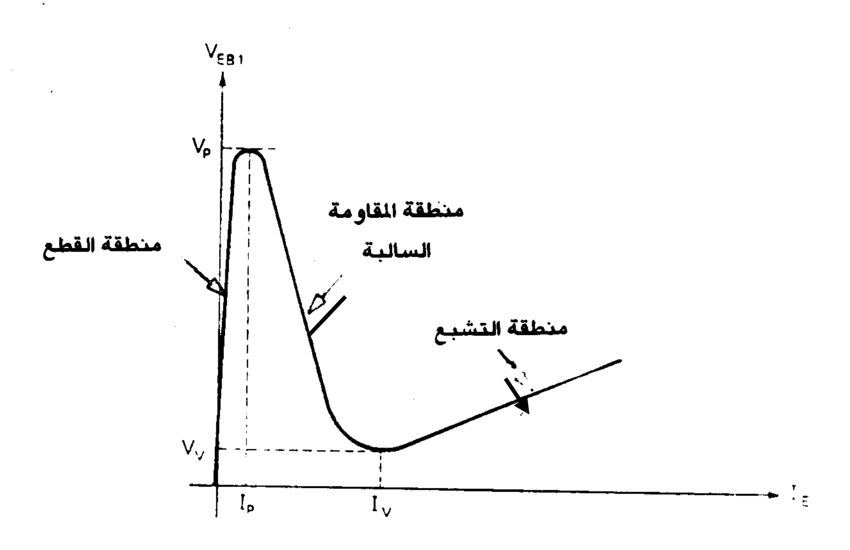
فى الشكل (٢ - ٤٤) عند تسليط جهد مقداره 12V بين القاعدتين B_1, B_2 فإن هذا الجهد سوف يجزئ بين المقاومتين r_{B1}, r_{B2}، فإذا كان الجهد عند نقطة اتصال المقاومتين يساوى $V\eta = + 7V$ فإن التيار الكهربى سوف يمر من الباعث إلى القاعدة B_1 إذا كان الجهد $V_E >$ $V_D + V\eta$. وحيث إن V_D تساوى 0.7V تقريباً للثنائى السليكونى لذا فإن $V_E > 7.7\ V$ ويقال حينئذ إن UJT فى حالة إشعال، ولحظة إشعال UJT تقل المقاومة r_{B1} لتصل إلى الصفر فيزداد التيار I_E عند انخفاض V_E . ويمكن إعادة UJT إلى حالة الفصل OFF بتخفيض قيمة الجهد V_E عن الحد الأدنى المسموح به .

والشكل (٢ - ٤٥) يعرض منحنى الخواص V_{EB1}- I_E لترانزستور UJT . ويمكن تقسيم منحنى الخواص لثلاث مناطق وهى :

١ - منطقة القطع Cut off region وفيها يكون $I_E = 0$.

٢ - منطقة المقاومة السالبة Negative resistance region وفيها يزداد التيار I_E بنقص الجهد V_{EB1} .

٣ - منطقة التشبع Saturation region وفيها يزداد I_E بزيادة V_{EB1} .



شكل (٢ - ٤٥)

وهناك بعض الرموز المستخدمة مثل :

أقصى قيمة للجهد V_{EB1}	V_P
أصغر قيمة للجهد V_{EB1}	V_V
تيار الباعث عندما يكون V_{EB1} مساوياً V_P	I_P
تيار الباعث عندما يكون V_{EB1} مساوية V_V	I_V

وفيما يلي حدود المناطق الثلاثة السابق تعريفها :

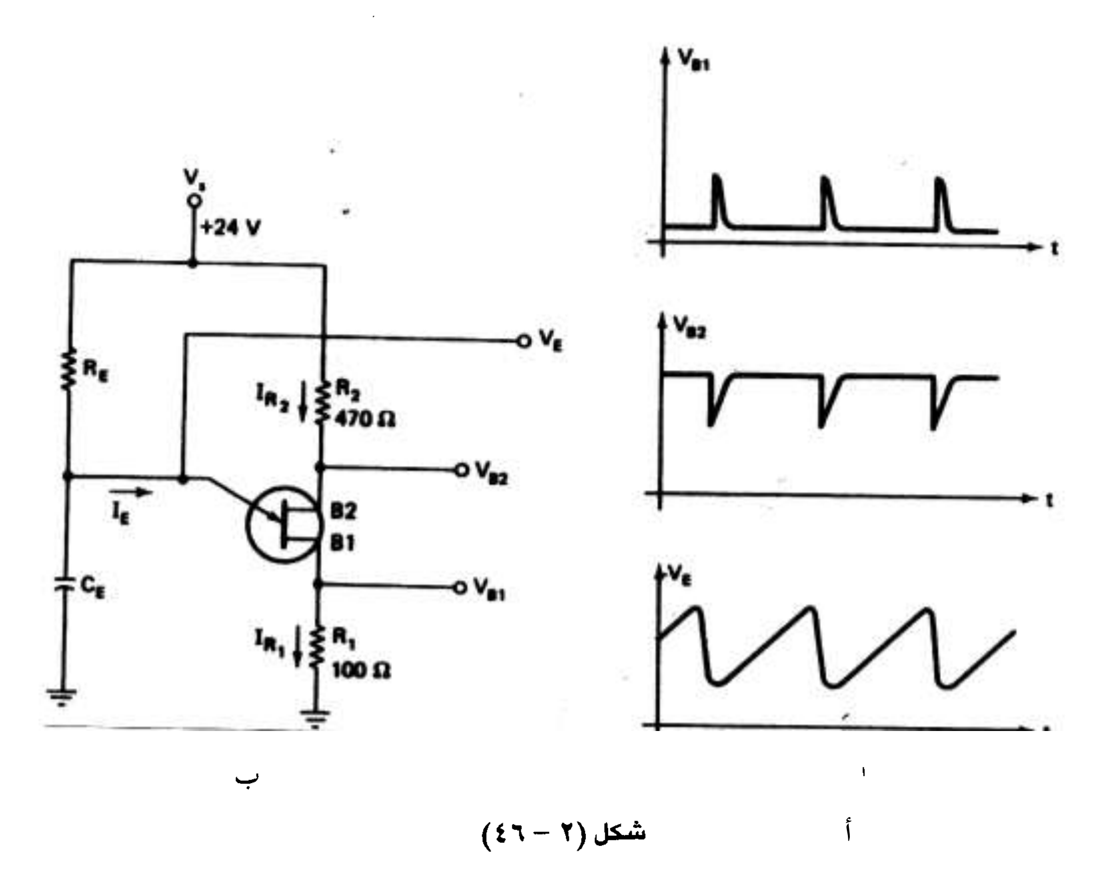
حدود منطقة القطع من I_P : $I_E = 0$.

حدود منطقة المقاومة السالبة من I_V : $I_E = I_P$.

حدود منطقة التشبع من $I_E > I_V$.

٢ / ٩ / ٢ - المذبذب المتراخي باستخدام UJT
UJT Relaxation oscillator :

يستخدم UJT - عادة - في بناء دوائر المذبذبات وكذلك دوائر إشعال الثايرستور والترياك. والشكل (٢ - ٤٦) يعرض دائرة مذبذب متراخي باستخدام UJT مع مقاومة R_E ومكثف C_E، ويعرض في نفس الشكل موجات الجهود V_E وV_{B1} و V_{B2} .



ب ا

شكل (٢ – ٤٦) أ

ولفهم نظرية عمل هذه الدائرة سنستبدل UJT بمفتاح S_1 ونوصله، كما بالشكل (٢ – ٤٧). فعندما يكون S_1 مفتوحًا فإن المكثف سوف يشحن وصولاً للجهد ($V_{BB}-V_{RE}$) حيث إن V_{BB} هو جهد المصدر المستمر، V_{RE} هو الفقد في الجهد فى المقاومة R_E ويتم ذلك فى زمن يساوى ثابت الزمن للدائرة المؤلفة من المقاومة R_E والمكثف C_E ويساوى R_EC_E.

شكل (٢ – ٤٧)

وعند غلق المفتاح S_1 فإن المكثف سوف يفرغ شحنته فى زمن يساوى صفرا ثانية تقريبًا لأن مقاومة المفتاح S_1 تساوى صفرًا تقريبًا.

وبهذه الطريقة يمكن تفسير شكل الجهد V_E المبين بالشكل (٢ – ٤٦) حيث إن UJT يعمل كمفتاح مفتوح أثناء شحن المكثف C_E وصولاً لجهد V_P (ارجع للشكل ٢ – ٤٥)، ويعمل كمفتاح مغلق أثناء تفريغ المكثف وصولاً للجهد V_V (وهذا موضح من منحنى الخواص بالشكل ٢ – ٤٥) ونحصل على تردد موجة الجهد V_E من العلاقة التالية :

$$F = \frac{1}{R_E C_E} \longrightarrow 2.17$$

ولكى نصل لتفسير مقبول لشكل الجهد على B_2 يجب أن نتذكر أنه قبل إشعال UJT فإن المقاومة بين القاعدتين B_1, B_2 تكون كبيرة جداً تصل لعشرة آلاف أوم، وحيث إن المقاومة R_1, R_2 عادة تكون صغيرة مقارنة بمقاومتى قاعدة UJT، لذا فإن الجهد عند الطرف B_2 سيساوى تقريباً V_{BB}، أما عند إشعال UJT فإن المقاومة بين القاعدتين سوف تقل إلى الربع تقريباً، مما يؤدى إلى انخفاض الجهد V_{B2} وذلك خلال فترة الإشعال (زمن تفريغ المكثف) وبالطبع فإن الجهد V_{B1} سيكون معكوساً للجهد V_{B2}.

٢ / ٩ / ٣ – اختبار صلاحية ترانزستورات UJT :

الجدول (٢ – ٢٣) يبين طريقة اختبار صلاحية UJT باستخدام جهاز الأوميتر.

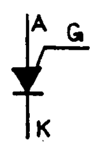
الجدول (٢ – ٢٣)

الطرف الموجب + للأوميتر يتصل بـ	الطرف السالب – للأوميتر يتصل بـ	النتائج المتوقعة
Base 1 القاعدة 1	Base 2 القاعدة 2	مقاومة تتراوح ما بين 4:10 K Ω
Base 2 القاعدة 2	Base 1 القاعدة 1	مقاومة تتراوح ما بين 4:10 K Ω
Emitter الباعث	Base 1 القاعدة 1	مقاومة تتراوح ما بين 3: 15 KΩ
Base 1 القاعدة 1	Emitter الباعث	مقاومة أكبر من 1 MΩ
Emitter الباعث	Base 2 القاعدة 2	مقاومة تتراوح ما بين 2: 10KΩ وأقل من الحالة الثالثة
Base 2 القاعدة 2	Emitter الباعث	مقاومة أكبر من 1 MΩ

٢ / ١٠ - الترانزستور الأحادى الوصلة القابل للبرمجة PUT :

ترانزستور PUT له نفس خواص ترانزستور UJT، عدا أنه يمكن التحكم فى الجهد الأقصى V_P الذى يعمل عنده PUT.

ولترانزستور PUT ثلاثة أطراف، وهى : المصعد Anode والمهبط Cathode والبوابة Gate. وفيما يلى رمز ترانزستور Put.

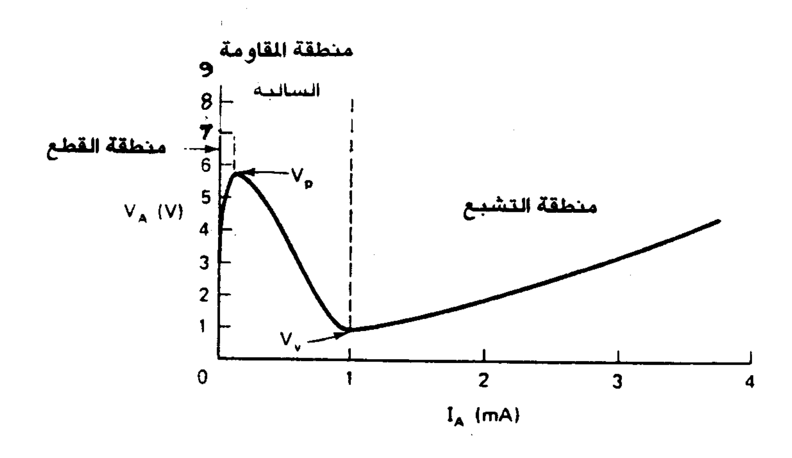


ويتميز PUT بأن سرعة الوصل والفصل والتى تصل 1/10 سرعة UJT، كما أن PUT أكثر استقراراً عند تغير درجات الحرارة.

والشكل (٢ - ٤٨) يبين منحنى خواص PUT والتى تمثل العلاقة بين (UA-IA)، **ويمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاث مناطق كما هو الحال فى UJT وهى :**

- منطقة القطع Cut off region
- منطقة المقاومة السالبة Negative resistance region
- منطقة التشبع Saturation region

حيث إن PUT يكون فى حالة القطع إلى أن يصل جهد المصعد V_A إلى V_P. عندئذ يزداد تيار المصعد I_A بانخفاض V_A وصولاً للجهد V_V ويساوى تقريباً 0.7V. فإذا أصبح $V_A > V_V$ يتحول PUT إلى حالة القطع Cut off وإذا زاد V_A ليصبح $V_A > V_V$ يزداد التيار IA بصورة كبيرة، ويقال : إن PUT فى حالة تشبع Saturation.



شكل (٢ – ٤٨)

أى أن حدود المناطق الثلاثة السابق تعريفها كالآتى :

حدود منطقة القطع من $I_A = 0: I_P$

حدود منطقة المقاومة السالبة من $I_A = I_P: I_V$

حدود منطقة التشبع من $I_A > I_V$

حيث إن :

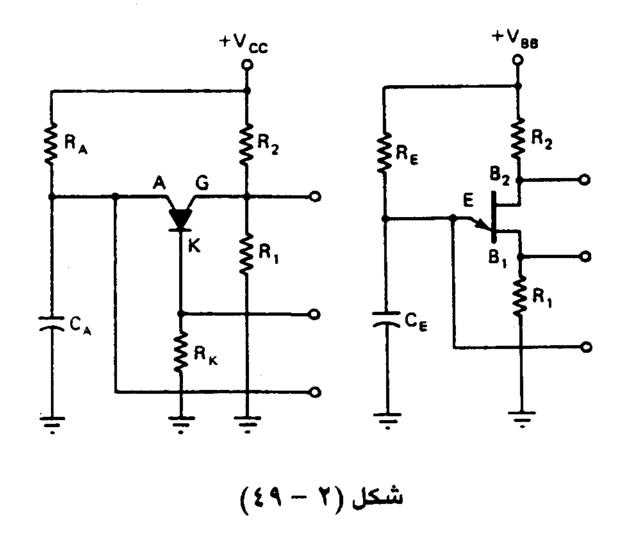
تيار المصعد عندما يكون جهد المصعد مساوياً Vp   Ip

تيار المصعد عندما يكون جهد المصعد مساوياً Vv   Iv

والجدير بالذكر أن قيمة Vp تعتمد على قيمة جهد البوابة V_G .

٢ / ١٠ / ١ – المذبذب المتراخى باستخدام PUT :

الشكل (٢ – ٤٩) يعرض دائرة مذبذب متراخى باستخدام PUT والدائرة المكافئة باستخدام UJT



شكل (٢ - ٤٩)

وفيما يلى الأطراف ذات المخارج المتماثلة فى كل من UJT، PUT:

V_{B2} يقابل V_G، V_{B1} يقابل V_K، V_E يقابل V_A

والجدير بالذكر أن العلاقة بين جهد المصعد الأقصى وجهد البوابة V_G لترانزستور PUT نحصل عليها من المعادلة 2.18:

$$V_P = V_G + 0.7\ V \longrightarrow 2.18$$

كما أن جهد بوابة Put نحصل عليه من المعادلة 2.19:

$$V_G = \frac{R_1}{R_1 C_1} V_{CC} \qquad (V) \longrightarrow 2.19$$

ويمكن تعيين تردد الموجات الخارجة من على المصعد A أو المهبط K أو البوابة G من المعادلة 2.20:

$$F = \frac{1}{R_A C_A} \qquad (H3) \longrightarrow 2.20$$

٢ / ١٠ / ٢ - اختبار صلاحية PUT:

الجدول (٢ - ٢٤) يوضح طريقة اختبار صلاحية PUT باستخدام جهاز الأوميتر.

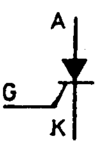
الجدول (٢ - ٢٤)

النتائج المتوقعة	الطرف السالب--للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب+للأوميتر يتصل بـ
مقاومة أكبر من 1MΩ	المهـــبط Cathode	المصـعـد Anode
مقاومة أكبر من 1MΩ	المصـعـد Anode	المهـــبط Cathode
مقاومة صغيرة	البـــوابة Gate	المصـعـد Anode
مقاومة كبيرة	المصـعـد Anode	البـــوابة Gate
مقاومة كبيرة	المهـــبط Cathode	البـــوابة Gate
مقاومة كبيرة	البـــوابة Gate	المهـــبط Cathode

٢ / ١١ - الموحد السليكونى المحكوم (الثايرستور) SCR:

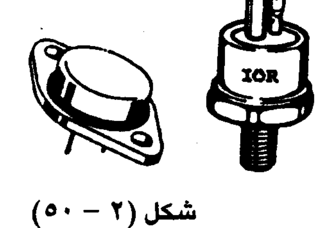
يتكون الثايرستور من أربع طبقات سليكونية P-N-P-N، وله ثلاثة أطراف، وهى المصعد Anode(A)، والمهبط Cathode(K)، والبوابة Gate(G).

وفيما يلى رمز الثايرستور:

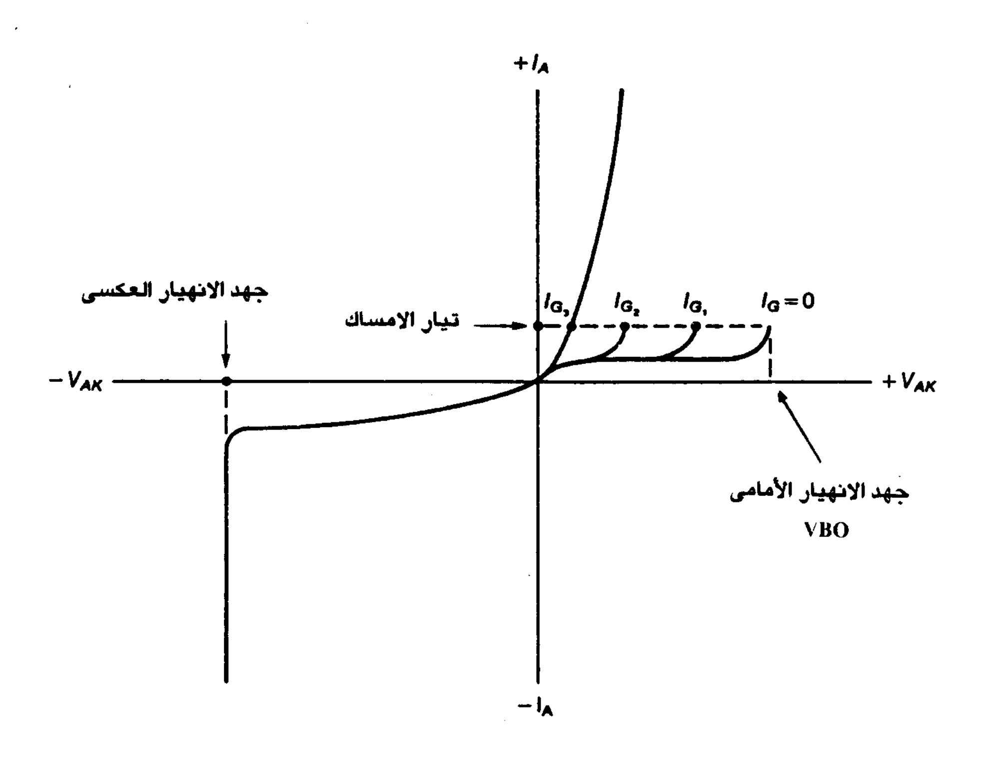


ويعمل الثايرستور كموحد إذا كان منحازًا أماميًا، ووصلت نبضة إشعال للبوابة؛ لذلك سمى بموحد السليكون المحكوم SCR.

والشكل (٢ - ٥٠) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات، أما الشكل (٢ - ٥١) فيعرض منحنى خواص الثايرستور، والذى يمثل العلاقة بين تيار المصعد I_A وفرق الجهد بين المصعد والمهبط V_{AK} عند قيم مختلفة لتيار البوابة I_G.



شكل (٢ - ٥٠)



شكل (٢ - ٥١)

حيث إن :

$$I_{G2} > I_{G1} > I_{G0}$$

ويلاحظ من منحنى الخواص للثايرستور أن الخواص العكسية للثايرستور تكون مماثلة للخواص العكسية للموحدات، ولكن الخواص الأمامية تكون مختلفة.

وفيما يلى شرح الخواص الأمامية للثايرستور :

١ - إذا كان تيار البوابة يساوى صفراً ويرمز له بالرمز I_{G0}، فإن الثايرستور يعتبر فى حالة فصل OFF، ويكون له مقاومة كبيرة جداً بين المصعد والمهبط. فإذا زاد الجهد بين المصعد والمهبط وصولاً لجهد الانهيار الأمامى V_{BO} فى هذه الحالة فإن الثايرستور يتحول لحالة الوصل ON ويمر تيار المصعد خلال الثايرستور، علماً بأن الثايرستور غير مصمم للعمل بهذه الطريقة، فمن المحتمل أن ينهار ويتلف.

٢ - عند وصول إشارة جهد موجبة بين البوابة والمهبط يمر تيار فى البوابة، وبالتالى فإن الجهد اللازم (لإشعال الثايرستور)لتحويل الثايرستور لحالة الوصل ON سوف يقل عن V_{BO} علمًا بأنه كلما ازداد تيار البوابة I_G قل V_{AK} اللازم لإشعال الثايرستور.

٣ - يستمر الثايرستور فى حالة وصل ON بعد إشعاله حتى عندما يصبح I_G مساويًا الصفر، ولكن عندما يقل تيار المصعد I_A عن تيار الإمساك I_H (وهو تيار المصعد الأدنى الذى يحافظ على الثايرستور فى حالة وصل ON بعد إشعاله) فى هذه الحالة يتحول الثايرستور لحالة القطع Cut off .

٤ - يوجد شرطان يجب توافر هما فى إشارة الجهد اللازمة لإشعال الثايرستور V_{GK} وهما:

أ - أن يكون زمن الإشارة كافيًا لإحداث الإشعال، وعادة يكون أكبر من 20 µS .

ب - أن يكون التيار I_G المتولد نتيجة لتسليط إشارة الجهد V_{GK} كافيًا لإحداث إشعال عند قيمة V_{AK} .

ويمكن معرفة خواص إشارة الجهد اللازمة لإشعال الثايرستور من ورق بيانات الثايرستور.

٢ / ١١ / ١ - طرق إطفاء الثايرستور SCR:

من المشاكل التى نتعرض لها فى دوائر الثايرستور؛ مشكلة إطفاء الثايرستور، أى تحويل الثايرستور لحالة القطع Cut off، حيث إن الثايرستور يظل فى حالة وصل ON طالما أن تيار المصعد I_A أكبر من تيار الإمساك I_H .

وهناك عدة طرق لإطفاء الثايرستور، نذكر منها ما يلى:

١ - استخدام الثايرستور فى دوائر التيار المتردد. فمن المعروف أن الموجة الجيبية للتيار المتردد تصل للصفر مرتين فى الدورة الواحدة (ارجع للفقرة ١ - ٧)، وحيث إن الثايرستوريعمل كموحد فإنه سيمرر نصف الموجة الموجبة فقط،

وبمجرد وصولها للصفر يحدث إطفاء ذاتى للثايرستور، ويبقى الثايرستور في حالة قطع إلى أن يتم إشعاله مرة أخرى.

٢ - استخدام الثايرستور فى دوائر التوحيد الكاملة، وذلك باستخدام قناطر التوحيد، حيث يحدث إطفاء ذاتى للثايرستور بمجرد وصول الموجة الموحدة للصفر، ويبقى الثايرستور فى حالة قطع لحين إشعاله مرة أخرى.

٣ - استخدام مفتاح يدوى« بالتوازى أو بالتوالى مع الثايرستور حيث ينطفئ الثايرستور عند فتح مفتاح التوالى أو غلق مفتاح التوازى (وهذه الطريقة غير عملية).

٤ - توصيل مكثف مشحون بالتوازى مع مصعد ومهبط الثايرستور بطريقة تجعل الثايرستور يتعرض لجهد معاكس فيقل تيار المصعد إلى قيمة أقل من تيار الإمساك، ويتحول الثايرستور لحالة القطع Cut off.

٢ / ١١ / ٢ - زاوية إشعال الثايرستور Firing angle :

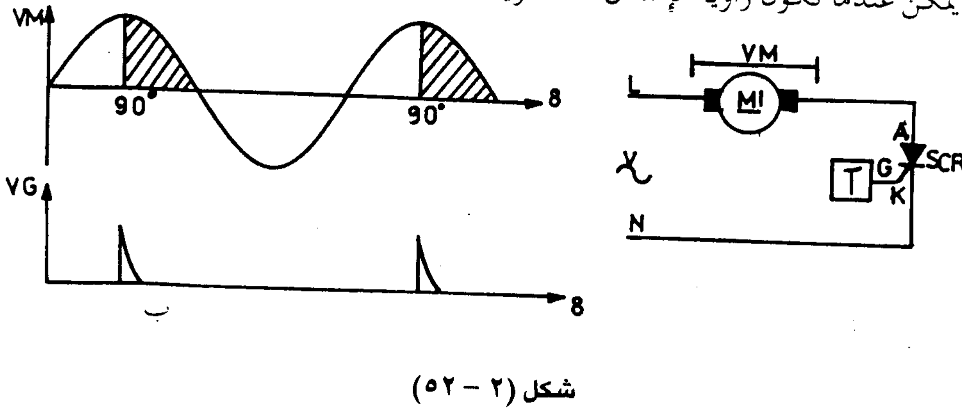
من أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع الثايرستور، هى زاوية الإشعال، وهى الزاوية التى يتحول عندها الثايرستور من حالة القطع لحالة الوصل وذلك لحظة وصول إشارة إشعال للبوابة ويرمز لها عادة α.

والشكل (٢ - ٥٢) يبين دائرة تحكم فى محرك تيار مستمر باستخدام ثايرستور (الشكل أ) وشكل موجة الجهد على أطراف المحرك وكذلك نبضات إشعال الثايرستور (الشكل ب)، حيث يمكن التحكم فى سرعة محرك التيار المستمر بالتحكم فى قيمة جهد أطرافه.

ويلاحظ أن نبضة الإشعال تكون عندما $\alpha = 90^\circ$: ، ويكون الجهد على أطراف المحرك هو الجهد المهشر فقط، أما باقى الموجة الموحدة فتكون على أطراف الثايرستور، ويمكن التحكم فى زاوية الإشعال α، بواسطة دائرة الإشعال Trigger Control Circiut.

ويعمل الثايرستور تمامًا كموحد يمنع وصول نصف الموجة السالب للمحرك، ويلاحظ أنه كلما ازدادت زاوية الإشعال قل الجهد الموجود على المحرك ويساوى صفرًا

عندما تكون زاوية الإشعال α مساوية °180، بينما يكون الجهد على الحمل أكبر ما يمكن عندما تكون زاوية الإشعال α مساوية °0.



شكل (٢ – ٥٢)

ملاحظة :

عند التعامل مع الموجات الجيبية تعتبر أن الدورة الكاملة تحدث فى زاوية كهربية مقدارها °360، أى أن نصف الدورة يحدث فى زاوية كهربية مقدارها °180، وبهذه الطريقة يمكن تحديد زاوية الإشعال بالنسبة للموجة الجيبية للمصدر الكهربى.

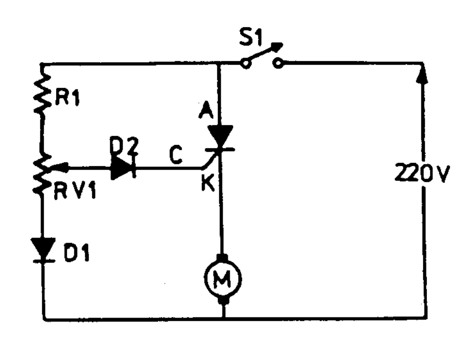
٢ / ١١ / ٣ - تطبيقات على استخدام الثايرستور فى التحكم :

التطبيق الأول :

الشكل (٢ – ٥٣) يعرض دائرة تحكم عملية فى سرعة محرك عام يستخدم فى الأجهزة المنزلية، مثل : الخلاطات المنزلية، والمثاقيب اليدوية.

عناصر الدائرة :

ثايرستور يختار حسب قدرة المحرك	Q_1
ثنائيات سليكونية طراز 1N4004	D_1, D_2
مقاومة 10KΩ وقدرتها 5W	R_1
مجزئ جهد 1KΩ وقدرتها 2W	RV_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1



شكل (٢ - ٥٣)

نظرية التشغيل:

تعرف هذه الدائرة بدائرة الوجه الواحد ذات النصف موجة للتحكم فى سرعة المحركات العامة. ويمكن التحكم فى سرعة المحرك بواسطة مجزئ الجهد فعند تحريك الذراع المنزلق لمجزئ الجهد RV1 لأعلى تزداد سرعة المحرك، وذلك لزيادة فرق الجهد بين بوابة ومهبط الثايرستور، مما يعمل على إشعال الثايرستور مبكرًا. فى حين أنه عند تحريك الذراع المنزلق للمقاومة RV1 لأسفل تقل سرعة المحرك، وذلك لانخفاض فرق الجهد بين بوابة ومهبط الثايرستور، مما يعمل على إشعال الثايرستور متأخرًا.

والجدير بالذكر أن سرعة المحرك لا يمكن أن تصل إلى السرعة الكاملة لهذه الدائرة؛ لأن هذه الدائرة تعطى فقط نصف موجة القدرة لعضو الاستنتاج للمحرك.

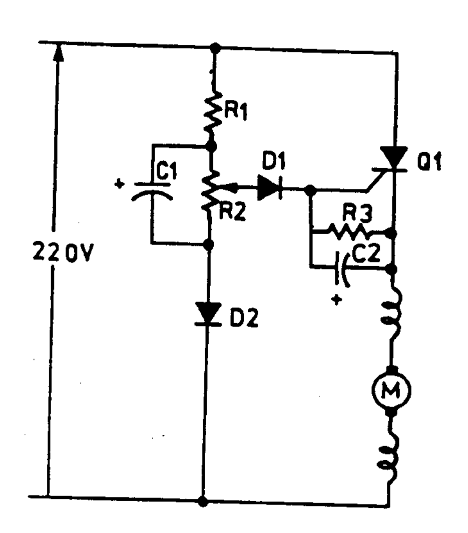
ولهذه الدائرة ميزة جيدة فى تثبيت سرعة المحرك حتى عند تغير الحمل، وهذه الميزة تسمى بالقوة الدافعة الكهربية العكسية EMF.

فلنفرض أن مجزئ الجهد RV1 ضبط للحصول على سرعة 1500 RPM عند الأحمال. فإذا زاد الحمل على المحرك فإن المحرك سيميل لخفض سرعته وبالتالى تنخفض القوة الدافعة الكهربية العكسية للمحرك؛ لأنها تتناسب طرديًا مع سرعة المحرك، مما يزداد الفرق بين جهد المصدر والقوة الدافعة الكهربية العكسية على أطراف المحرك، فيزداد التيار المار فى المحرك، وبالتالى يزداد عزم المحرك لأن عزم المحرك يتناسب طرديًا مع التيار.

وبالرجوع للدائرة المعنية، فعندما يزداد الحمل على المحرك تقل القوة الدافعة الكهربية العكسية EMF، وحيث إن مهبط الثايرستور K متصل بالقوة الدافعة الكهربية العكسية؛ لذلك فإن جهد المهبط V_K سوف يقل فيزداد فرق الجهد بين البوابة والمهبط V_{GK} فيشتعل الثايرستور مبكراً، فيزداد الجهد المتوسط والتيار المار في عضو الاستنتاج، وهذا يعمل على تثبيت سرعة المحرك في مواجهة التغير في الأحمال.

التطبيق الثاني:

الشكل (٢ - ٥٤) يعرض دائرة تحكم عملية في سرعة محرك عام باستخدام ثايرستور، يتم التحكم فيه باستخدام دائرة إشعال مكونة من مقاومة ومكثف، وتستخدم هذه الدائرة للتحكم في الخلاطات وماكينات الخياطة وجميع المحركات الشبيهة، علماً بأن الحد الأقصى للتيار 1.5 A.



شكل (٢ - ٥٤)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R_1
مجزئ جهد 10K	R_2
مقاومة كربونية 1KΩ	R_3
مكثف كيميائي سعته 0.1μf وجهده 10V	C_1,C_2
ثنائي سليكوني طراز 1N 5060	D_1,D_2
ثايرستور طراز C106 D1	Q_1

نظرية التشغيل:

تقوم الدائرة المؤلفة من R_1, R_2, C_1 بتوليد جهد أساسي على شكل أسنان منشار Ramp محمل على الجهد المستمر المضبوط بواسطة المقاومة R_2. وهذا الجهد يظهر على الذراع المنزلق لمجزئ الجهد R_2، ويقارن هذا الجهد بالقوة الدافعة الكهربية العكسية للمحرك من خلال المكثف C_2، وعند وجود فرق جهد بينهما يشحن المكثف وصولاً لجهد إشعال الثايرستور. فعندما يزداد الحمل على المحرك تقل القوة الدافعة الكهربية العكسية EMF فيشحن المكثف C_2 بسرعة وصولاً لجهد إشعال الثايرستور V_{GK}، وينتج عن ذلك إشعال متقدم للثايرستور، فيزداد الجهد المحصل على أطراف المحرك العام فيميل المحرك لتقليل سرعته.

وعندما يقل الحمل على المحرك تزداد سرعة المحرك فتزداد القوة الدافعة الكهربية العكسية EMF للمحرك، فيشحن المكثف C_2 ببطء وصولاً لجهد إشعال الثايرستور، وينتج عن ذلك إشعال متأخر، ويقل الجهد المحصل على أطراف المحرك العام، ويميل المحرك لتقليل سرعته، وبذلك نحصل على تنظيم سرعة للمحرك.

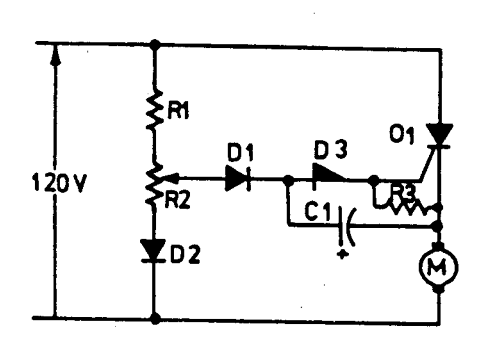
والجدير بالذكر أن D_2 يعمل على وصول جهد إشعال للثايرستور عندما يكون مصعد الثايرستور A موجبًا ومهبط الثايرستور K سالبًا.

في حين يعمل D_1 على وصول نبضة إشعال موجبة حادة لبوابة الثايرستور، مما يساعد على نجاح الإشعال، وذلك لأن الثنائى D_1 لن يتحول لحالة الوصل إلا عندما يزداد فرق الجهد عليه عن 0.7 V

أما المكثف C_1 فيعمل على زيادة حدود زاوية الإشعال من 0:90° إلى 0:180°، وهذا يعمل على زيادة حدود تغير السرعة.

التطبيق الثالث:

الشكل (٢ – ٥٥) يعرض دائرة تحكم فى سرعة محرك عام باستخدام ثايرستور، يتم التحكم فيه بموحد رباعى الطبقات. وتستخدم هذه الدائرة للتحكم فى الخلاطات وماكينات الخياطة وجميع المحركات الشبيهة.



شكل (٢ – ٥٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R_1
مقاومة متغيرة 25 KΩ	R_2
مقاومة كربونية 1KΩ	R_3
مكثف كيميائى سعته 0.01µf وجهده 50V	C_1
ثايرستور طراز GE-C22 B	Q_1
ثنائيات سيلكونية طراز 1N 5059	D_1,D_2
موحد رباعى الطبقات طراز 2 N4990	D_3

نظرية التشغيل :

يعاب على دوائر إشعال الثايرستور باستخدام مجزئ جهد ومكثف كالموضحة بالتطبيق الثانى، أنها لم تعالج المشكلتين التاليتين :

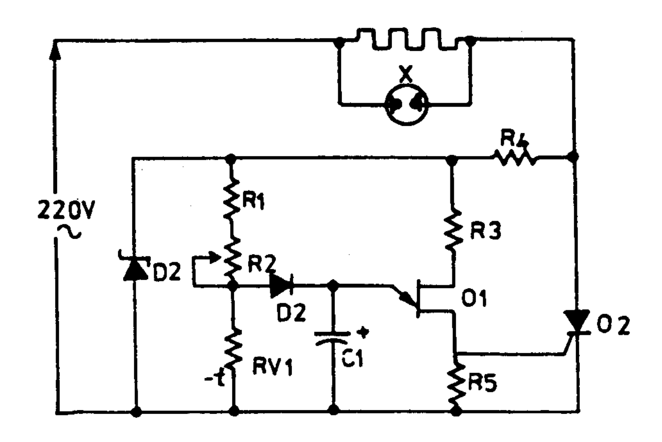
١ - تغير خواص الثايرستور تبعًا لتغير درجة حرارته .

٢ - وجود اختلاف فى خواص الثايرستورات التى لها نفس الطراز، حيث إن تغير الخواص يغير من قيمة تيار الإشعال الأدنى I_{GT} والذى يشتعل عنده الثايرستور، وبالتالى تتغير زاوية الإشعال، وتباعًا يتغير تيار الحمل .

أما الدائرة التى نحن بصددها فقد أمكن التغلب على هاتين المشكلتين باستخدام الموحد الرباعى الطبقات D_3 والذى لا يسمح بمرور الجهد المبنى على المكثف C_1 للوصول لبوابة الثايرستور إلا عند وصول قيمة جهد مدخل الموحد الرباعى الطبقات لجهد انهياره أى 10V . فى هذه الحالة يتحول الموحد الرباعى الطبقات D_3 لحالة الوصل، وتصل نبضة إشعال للثايرستور كافية لإشعاله، وبذلك نضمن عدم اشتعال الثايرستور إلا بعد وصول الجهد على أطراف المكثف C_1 إلى 10V مهما اختلفت درجة حرارة الثايرستور، وكذلك مهما اختلفت خواص الثايرستور .

التطبيق الرابع :

الشكل (٢ - ٥٦) يعرض دائرة تحكم تناسبى فى أحد الأفران المنزلية Oven .



شكل (٢ - ٥٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة حرارية	RV_1
مقاومة كربونية 330 Ω	R_1
مقاومة متغيرة 5 KΩ	R_2
مقاومة كربونية 1KΩ	R_3
مقاومة كربونية 6.8 KΩ وقدرتها 2W	R_4
مقاومة كربونية 47 Ω	R_5
مكثف كيميائى سعته 0.02µf وجهده 25 V	C_1
ثنائى زينر 10V وقدرته 1W	D_1
ثنائى سليكونى طراز 1N 914	D_2
ترانزستور أحادى الوصلة TIS 43	Q_1
ثايرستور طراز 2 N4443 يثبت على مشتت حرارة أبعاده (5 x 5 cm)	Q_2
لمبة نيون تعمل عند جهد 220 V	X_1

نظرية التشغيل:

تقوم المقاومة R_1, R_2 وأيضًا المقاومة الحرارية RV_1 كمجزئ جهد لجهد ثنائى الزينر D_1 والذى يساوى 10V.

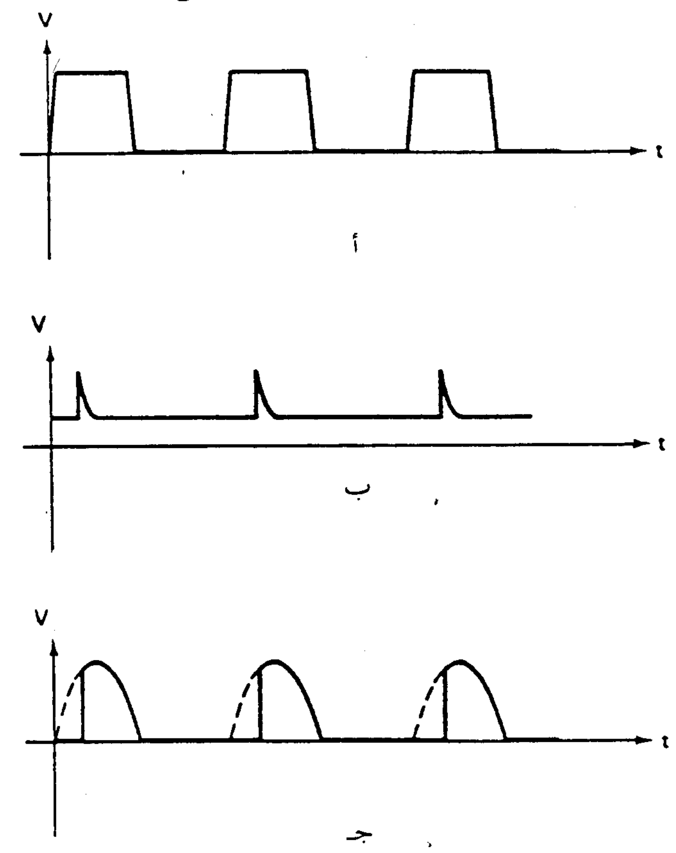
وخرج هذا المجزئ يصل إلى بوابة الترانزستور الأحادى الوصلة Q_1، ويشحن المكثف خلال نصف الموجة الموجب، وعندما يصل الجهد المبنى على أطراف المكثف لجهد إشعال Q_1 تصل نبضة إشعال للثايرستور Q_2، فيتحول الثايرستور لحالة الوصل، وتصل القدرة الكهربية لعنصر التسخين، علمًا بأن الثايرستور يعود لحالة القطع فى نصف الموجة السالب، وتتكرر دورة الإشعال من جديد فى نصف الموجة الموجب.

وعندما تكون درجة حرارة الفرن منخفضة فإن قيمة المقاومة RV_1 ستكون كبيرة، الأمر الذى يعجل شحن المكثف C_1، وبالتالى يتقدم إشعال الترانزستور Q_1 ومن ثم يشتعل الثايرستور Q_2 مبكرًا فيزداد جهد أطراف السخان، وبالتالى تزداد القدرة الكهربية التى تصل للسخان فترتفع درجة حرارة السخان.

وعند اقتراب درجة حرارة الفرن من درجة الحرارة المطلوبة والمضبوطة بواسطة R_2 تقل قيمة المقاومة الحرارية RV_1 فيتأخر شحن المكثف، وبالتالى يتأخر إشعال الترانزستور Q_1، ومن ثم يشتعل الثايرستور Q_2 متأخراً، فيقل جهد أطراف السخان، وبالتالى تقل القدرة الكهربية التى تصل للسخان والتى تعمل على تعويض الفقد الحرارى الناتج عن الإشعال.

علماً بأن اللمبة النيون X_1 تضىء أثناء عمل الفرن.

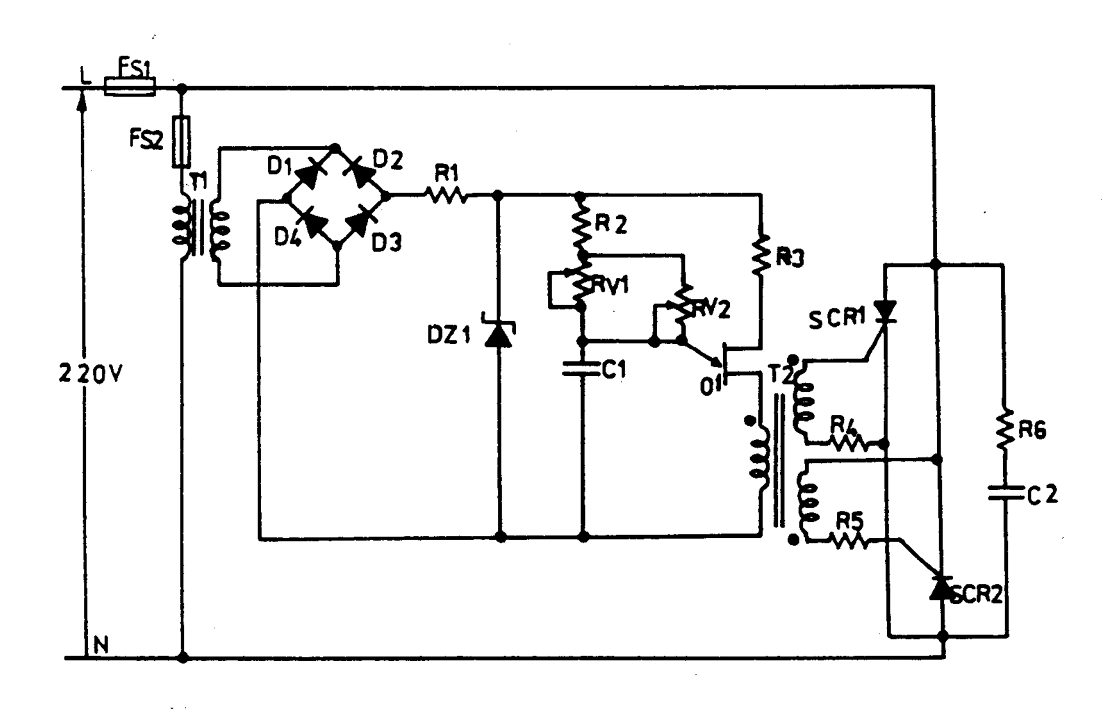
والشكل (٢ – ٥٧) يعرض موجة الجهد على أطراف ثنائى الزينر (أ) وموجة الجهد الخارجة من الترانزستور الأحادى الوصلة Q_1 (ب)، وموجة الجهد على أطراف السخان (جـ) عندما تكون زاوية إشعال الثايرستور حوالى 60 درجة.



شكل (٢ – ٥٧)

التطبيق الخامس :

الشكل (٢ – ٥٨) يعرض دائرة التحكم فى شدة إضاءة مصباح كهربى قدرته 750W.



شكل (٢ – ٥٨)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 1.5 K وقدرتها 1W	R_1
مقاومة كربونية 4.7 KΩ	R_2
مقاومة كربونية 150 Ω	R_3
مقاومة كربونية 10 Ω	R_4
مقاومة كربونية 10 Ω	R_5

مقاومة كربونية 120 Ω	R_6
مقاومة متغيرة 100 KΩ	RV_1
مقاومة متغيرة 200 KΩ	RV_2
مكثف سعته 0.22μF	C_1
مكثف سعته 0.1 μf وجهده 300 V	C_2
ثنائى سليكونى طراز 1 N 4003	D_1-D_4
ثنائى زينر جهده 10 V طراز BZ X 61	DZ_1
ثايرستور طراز 2 N4443	SCR_1,SCR_2
ترانزستور أحادى الوصلة TIS 43	Q_1
محول خفض 220/40 V	T_1
محول نبضات بملفين ثانويين 1:1	T_2
مصهر تيار 5A	FS_1
مصهر بطىء Anti surge تياره المقنن 100 mA	FS_2
لمبة قدرتها 750 W	Lamp

نظرية التشغيل:

تتميز هذه الدائرة بوجود عزل كامل بين دائرة التحكم ودائرة القدرة بواسطة المحولين T_1, T_2، ويعمل T_1 على خفض جهد المصدر من 220V إلى 40V، وتقوم القنطرة المؤلفة من D_1-D_4 بتوحيد خرج المحول T_1 ليصبح خرجها مساويًا 55V تيار مستمر غير منعم. وبواسطة ثنائى الزينر DZ1 والمقاومة R_1 يصبح الجهد على أطراف DZ1 مساويًا 10 V + . وفى بداية كل نصف دورة يشحن C_1 من خلال R_2, RV_1, RV2 فيزداد جهد باعث الترانزستور الأحادى الوصلة Q_1 وصولاً لجهد إشعال Q1، وتصل نبضة إشعال للثايرستورات SCR_1, SCR_2 عبر محول النبضات T2

ويشتعل الثايرستور المنحاز أماميًا، وتصل باقى الدورة للحمل وفى نصف الموجة الثانى يشحن C_1 مرة أخرى وصولاً لجهد إشعال Q_1، وتنتقل نبضة إشعال بنفس الطريقة السابقة عبر محول النبضات T_2 للثايرستورات فيشتعل الثايرستور الثانى وهكذا.

وعندما تكون RV_1 صغيرة فإن C_1 يشحن بسرعة فتصل نبضة مبكرة للثايرستورات، وبالتالى تزداد القدرة الكهربية المنقولة للمصباح، وتزداد شدة إضاءة المصباح والعكس بالعكس.

ويمكن من خلال RV_2 ضبط الحد الأدنى لشدة الإضاءة المطلوبة وذلك بالتحكم فى الحد الأدنى للقدرة الكهربية التى تصل للمصباح الكهربى.

٢ / ١١ / ٤ - جداول اختيار الثايرستورات :

فيما يلى أهم الرموز المستخدمة فى ورقة بيانات الثايرستورات.

تيار المصعد الأمامى المتوسط $I_{F(AV)}$

الجهد الأقصى المتكرر الذى يتحمله الثايرستور بدون أن يشتعل تلقائيًا V_{RRM}

جهد إشعال البوابة الأدنى V_{GT}

تيار إشعال البوابة الأدنى I_{GT}

والجدول (٢ - ٢٥) يعرض بعض الثايرستورات الشهيرة وخواصها الفنية.

الجدول (٢ - ٢٥)

الطراز	$I_{F(AV)}$	V_{RRM}	V_{GT}	I_{GT}
TIC 106 D	3.2 A	400 V	1.2 V	200 µA
TIC 106 E	3.2 A	500 V	1.2 V	200 µA
TIC 106 M	3.2 A	600 V	1.2 V	200 µA
TIC 106 S	3.2 A	700 V	1.2 V	200 µA
TIC 116 D	5 A	400 V	2.5 V	20 mA
TIC 116 E	5 A	500 V	2.5 V	20 mA

الطراز	$I_{F(AV)}$	V_{RRM}	V_{GT}	I_{GT}
TIC 116 M	5 A	600 V	2.5 V	20 mA
TIC 116 S	5 A	700 V	2.5 V	20 mA
TIC 126 D	7.5 A	400 V	2.5 V	20 mA
TIC 126 E	7.5 A	500 V	2.5 V	20 mA
TIC 126 M	7.5 A	600 V	2.5 V	20 mA
TIC 126 S	7.5 A	700 V	2.5 V	20 mA
BTY 79- 400 R	6.4 A	400 V	3 V	30 mA
BTY 79- 600 R	6.4 A	600 V	3 V	30 mA
BTY 79- 800 R	6.4 A	800 V	3 V	30 mA
2 N4443	5.1 A	400 V	1.5 V	30 mA
2 N 4444	5.1 A	600 V	1.5 V	30 mA

٢ / ١١ / ٥ - اختبار صلاحية الثايرستور:

الجدول (٢ – ٢٦) يبين طريقة اختيار صلاحية الثايرستورات باستخدام جهاز الأوميتر

الجدول (٢ - ٢٦)

الطرف السالب +للأوميتر يتصل بـ	الطرف السالب-للأوميتر يتصل بـ	النتائج المتوقعة
Anode المصعد	Cathode المهبط	مقاومة أكبر من 1 M Ω وتقل كلما زاد تيار الثايرستور
Cathode المهبط	Anode المصعد	مقاومة أكبر من 1 MΩ ولكنها أكبر من الحالة السابقة
Gate البوابة	Cathode المهبط	مقاومة صغيرة تتراوح ما بين (0:1000 Ω)
Cathode المهبط	Gate البوابة	مقاومة كبيرة تصل إلى (1: 10 MΩ)
Gate البوابة	Anode المصعد	مقاومة أكبر من (1 MΩ)
Anode المصعد	Gate البوابة	مقاومة أكبر من (1 MΩ)

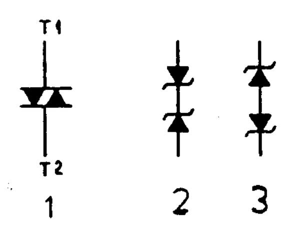
٢ / ١٢ – العناصر العاملة بعد الانهيار الفوقى Breakover Devices :

هناك مجموعة من العناصر التى تعمل عندما يصل فرق الجهد على أطرافها لجهد الانهيار لها، وهذه العناصر قريبة الشبه بثنائيات الزينر. وسوف نتناول أهم هذه العناصر فى الفقرات التالية.

٢ / ١٢ / ١ – الدياك Diac :

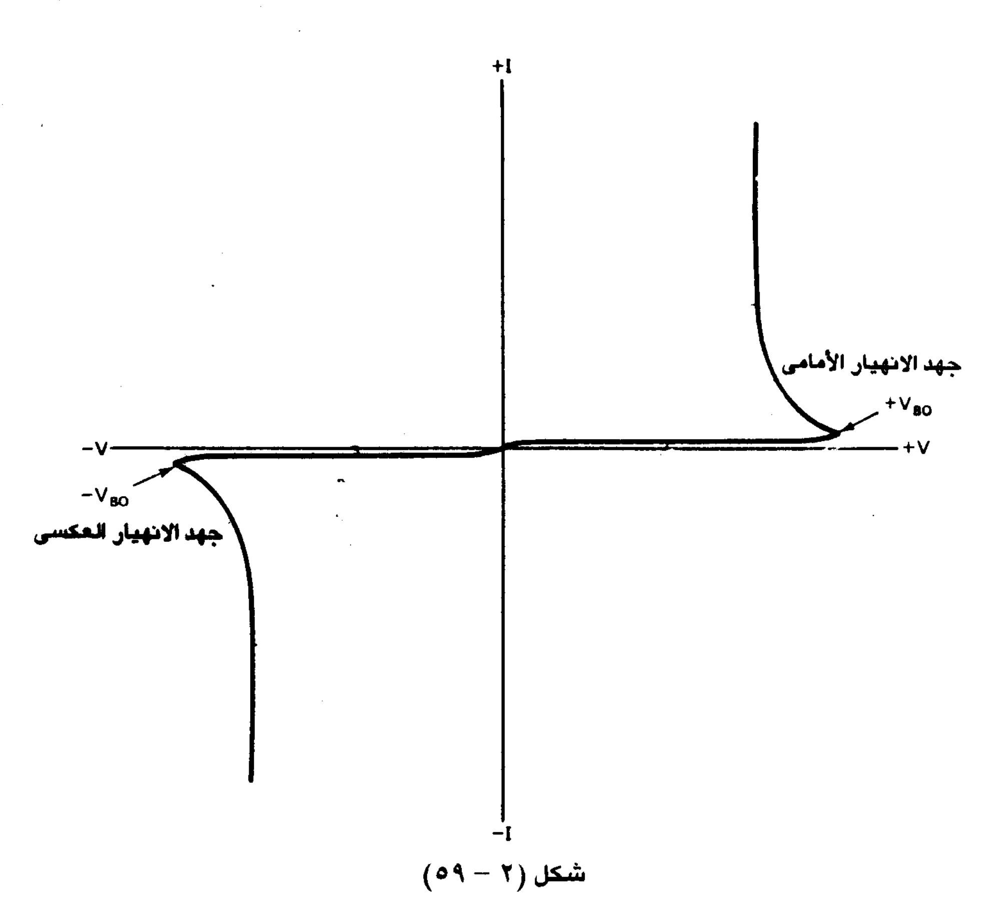
الدياك هو أحد العناصر العاملة بعد الانهيار الفوقى، وهو من عائلة الثايرستور ويسمى أحيانًا الموحد الثنائى الاتجاه، وهو يسمح بمرور التيار فى الاتجاهين، ويعمل بدون بوابة تحكم وله طرفان وهما T_1, T_2 .

ويمر التيار الكهربى فى الدياك عندما يصل فرق الجهد بين طرفيه T_1, T_2 لجهد الانهيار له. وعمل الدياك يشبه عمل عدد 2 موحد زينر متصلين وجهًا لوجه أو خلفًا لخلف. وفيما يلى رمز الدياك (الرمز 1) والرمز المكافئ باستخدام ثنائيى زينر متصلين وجهًا لوجه (الرمز 2) والرمز المكافئ باستخدام ثنائيى زينر متصلين خلفًا لخلف.



والجدير بالذكر أنه قبل وصول فرق الجهد بين طرفى الدياك لقيمة جهد الانهيار الفوقى V_{B0} والذى يساوى عادة 32V يمر تيار صغير فى الدياك ويمكن اعتبار الدياك فى حالة قطع، وبمجرد وصول فرق الجهد بين طرفى الدياك لجهد الانهيار الفوقى يتحول الدياك لحالة الوصل.

والشكل (٢ – ٥٩) يبين منحنى الخواص للدياك، والذى يمثل العلاقة بين التيار المار فى الدياك بأعلى أمبير وفرق الجهد بين طرفى الدياك بالفولت (V).

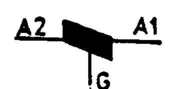


شكل (٢ - ٥٩)

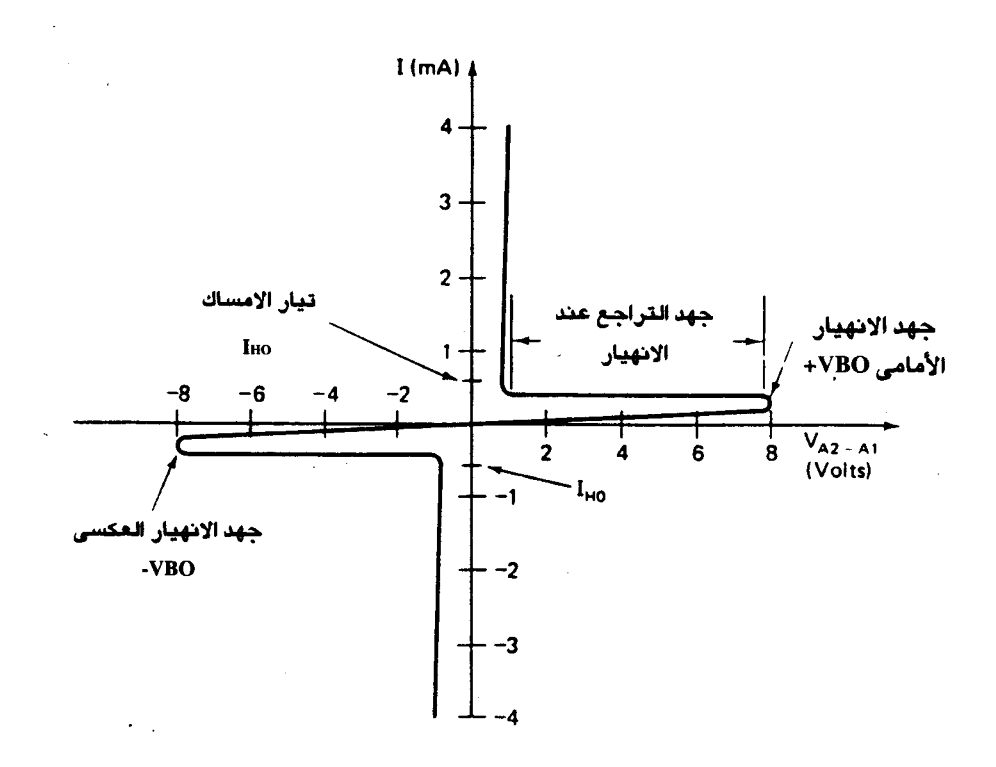
ويمكن اختبار الدياك باستخدام جهاز الأوميتر حيث يعطى قراءة أكبر من 1 MΩ فى كلا الاتجاهين مع أى قطبية للجهاز.

٢ / ١٢ / ٢ - المفتاح السليكونى الثنائى الاتجاه SBS :

ولهذا العنصر ثلاثة أطراف، وهى المصعد الأول A_1، والمصعد الثانى A_2، والبوابة G. وفيما يلى رمز المفتاح السليكونى ذى الاتجاهين SBS.



والشكل (٢ - ٦٠) يعرض منحنى الخواص للمفتاح السليكونى الثنائى الاتجاه SBS والتى تمثل العلاقة بين تيار المصعد I وفرق الجهد بين المصعدين $V_{A2\text{-}A1}$.



شكل (٢ – ٦٠)

وفيما يلى مميزات SBS :

١– جهد الانهيار الفوقى الذى يعمل عنده SBS يساوى 8V ± وهذا صغير بالمقارنة بجهد الانهيار للدياك والذى يساوى 32V ± .

٢– ينخفض الجهد بين المصعدين من 8 V ± إلى 1V ± بعد الوصول للانهيار الفوقى، أى أن قيمة تراجع الجهد بعد الانهيار Break back Voltage تساوى 7 V ± وهذا غير متحقق بنفس الدرجة فى الدياك (ارجع للشكل ٢ – ٥٨) .

٣ – يظل المفتاح السليكونى SBS فى حالة وصل بعد وصوله لجهد الانهيار إلى أن يقل تياره عن تيار الإمساك IHO .

٤ – يمكن تخفيض جهد الانهيار الأمامى إلى حوالى 1V + وذلك باستخدام موحد زينر، حيث يوصل مصعد ثنائى الزينر ببوابة المفتاح السليكونى SBS، ويوصل مهبط ثنائى الزينر بمصعد المفتاح السليكونى SBS .

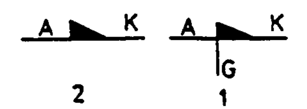
٥ – يتميز SBS بأنه مستقر عند درجات الحرارة المختلفة، حيث إن جهد الانهيار الفوقى V_{BO} يزداد بمقدار 0.16 V/100 °C.

ويمكن اختبار مفتاح السليكونى SBS باستخدام جهاز الأوميتر، حيث يعطى قراءة أكبر من 1 MΩ فى كلا الاتجاهين مع أى قطبية للجهاز.

٢ / ١٢ / ٣ – المفتاح السليكونى الأحادى الاتجاه SUS والموحد الرباعى الطبقات :

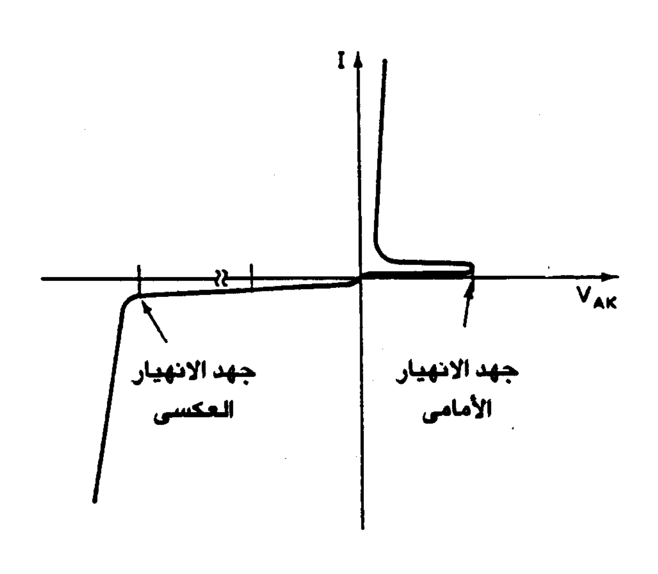
المفتاح السليكونى SUS له ثلاثة أطراف، وهى المصعد A، والمهبط K، والبوابة G. أما الموحد الرباعى الطبقات Four-Layer Diode والذى يطلق عليه أيضًا اسم موحد شوكلى Shockley Diode فله طرفان، وهما المصعد A، والمهبط K.

وفيما يلى رمز المفتاح السليكونى SUS (الرمز 1) ورمز الموحد رباعى الطبقات (الرمز 2) :



والشكل (٢ – ٦١) يعرض منحنى الخواص لكل من المفتاح السليكونى SUS وموحد شوكلى.

ويلاحظ من هذه الخواص أن كلا من المفتاح SUS وموحد شوكلى يعملان فى الاتجاه الأمامى عند جهد انهيار صغير يساوى 8V، مقارنة بجهد الانهيار الفوقى فى الاتجاه العكسى.



شكل (٢ – ٦١)

ويمكن تقليل جهد الانهيار الأمامى للمفتاح السليكونى SUS باستخدام ثنائى زينر، بحيث يوصل مصعد الزينر بمهبط SUS ويوصل مهبط الزينر مع بوابة SUS فيهبط جهد الانهيار الأمامى للمفتاح السليكونى SUS ليصل إلى 1V بدلاً من 8V.

وعادة فإن المفاتيح السليكونية SUS الموجودة بالأسواق لها جهد انهيار فوقى يساوى 8V وتيار تشغيل أقل من 1A، وهى تستخدم عادة لإشعال الثايرستور SCR.

أما الموحدات الرباعية الطبقات (موحدات شوكلى) فيكون لها جهد انهيار فوقى يتراوح ما بين 10:400 V وتتحمل تيارات نبضية لفترة قصيرة تصل إلى 100 A وتستخدم أيضاً فى دوائر إشعال الثايرستور SCR.

والجدول (٢ - ٢٦) يبين طريقة اختيار كلاً من SUS، والموحد الرباعى الطبقات باستخدام جهاز الأوميتر.

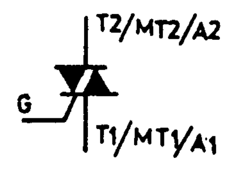
الجدول (٢ - ٢٦)

النتائج المتوقعة	الطرف السالب-للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر يتصل بـ
مقاومة كبيرة أكبر من 1 MΩ	المهبط Cathode	المصعد Anode
مقاومة كبيرة أكبر من السابقة وأحياناً يصعب قراءتها ببعض أجهزة الأوميتر	المصعد Anode	المهبط Cathode

٢ / ١٣ - الترياك Triac :

يعتبر الترياك هو أحد العناصر التابعة لعائلة الثايرستور، عدا أنه يتميز عن الثايرستور بأنه يسمح بمرور التيار فى الاتجاهين. وللترياك ثلاثة أطراف تماماً مثل الثايرستور وهى المصعد الأول ويرمز له A_1 أو T_1 أو MT_1، والمصعد الثانى ويرمز له A_2 أو T_2 أو MT_2، والبوابة ويرمز لها G.

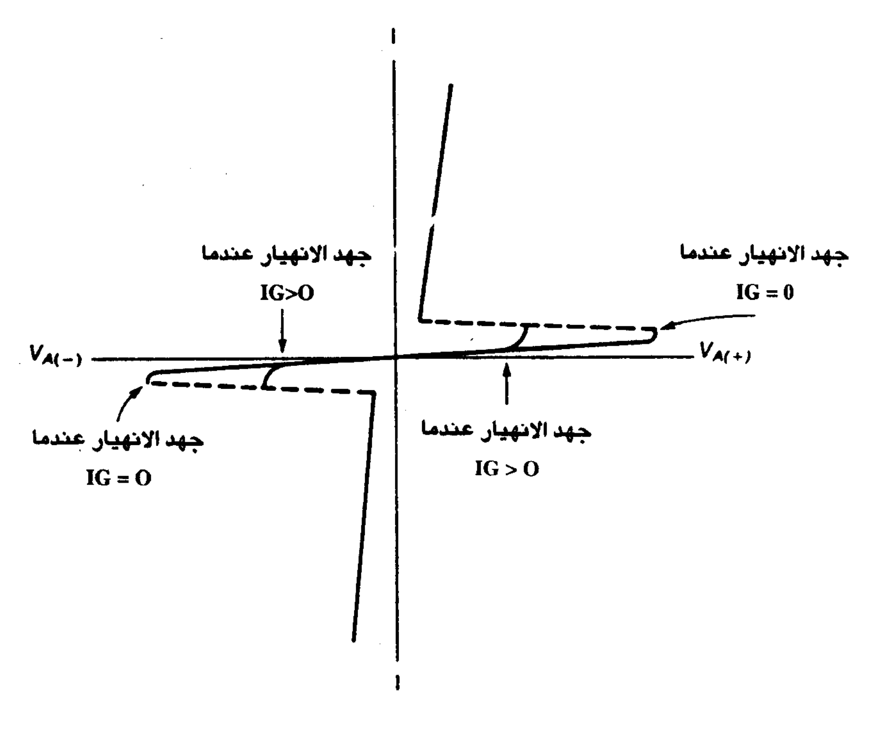
وفيما يلى رمز الترياك :



ويوجد تشابه كبير بين الترياك والثايرستور فى الشكل. والشكل (٢ – ٦٢) يعرض منحنى الخواص والتى يمثل العلاقة بين التيار وفرق الجهد بين مصعدى الترياك. حيث $I_{G2} > I_{G1} > I_{G0}$.

وفيما يلى شرح منحنى الخواص للترياك:

١ – إذا كان تيار البوابة $I_G = 0$ فإن الترياك يكون فى حالة قطع off، ويكون له معاوقة كبيرة بين المصعدين فإذا زاد الجهد بين المصعدين وصولاً لجهد الانهيار الأمامى $+V_{B0}$ أو جهد الانهيار العكسى $-V_{B0}$ يتحول الترياك لحالة الوصل ON، و يمر تيار المصعد خلال الترياك، علماً بأن الترياك غير مصمم للعمل بهذه الطريقة، فقد يؤدى ذلك لانهياره وتلفه.



شكل (٢ – ٦٢)

٢ – يعمل الترياك عند وصول نبضة إشعال للبوابة، ويوجد أربعة أوجه مختلفة لنبضة الإشعال وهى كما يلى:

أ – نبضة إشعال لها جهد موجب وتيار موجب، حيث تكون قطبية MT2, G موجبة ويطلق على هذه الحالة حالة الإشعال +I.

ب – نبضة إشعال لها جهد سالب وتيار سالب، حيث تكون قطبية MT2 موجبة، وقطبية G سالبة ويطلق على هذه الحالة حالة الإشعال -I.

جـ – نبضة إشعال لها جهد سالب وتيار سالب، حيث تكون قطبية MT2 سالبة، وقطبية G موجبة، ويطلق على هذه الحالة حالة الإشعال +III.

د– نبضة إشعال لها جهد سالب وتيار سالب، حيث تكون قطبية MT2 سالبة، وقطبيةG سالبة ويطلق على هذه الحالة حالة الإشعال - III.

والجدير بالذكر أن حساسية الترياك تكون أفضل ما يمكن فى حالة الإشعال ,+I -III، وتكون حساسية الترياك أقل قليلاً فى حالة الإشعال -I، وتكون حساسية الترياك أقل ما يمكن فى حالة الإشعال +III لذلك فهذه الحالة نادراً ما تستخدم.

٣ – يتحول الترياك لحالة القطع عندما يقل تيار مصعده عن تيار الإمساك I_H.

وهناك بعض القيود فى استخدام الترياك للتحكم فى الأحمال الكهربية التى تعمل بالتيار المتردد مثل:

أقصى تيار تشغيل للترياك حوالى 2000 A

أقصى جهد عكسى يتحمله الترياك حوالى 1000 V

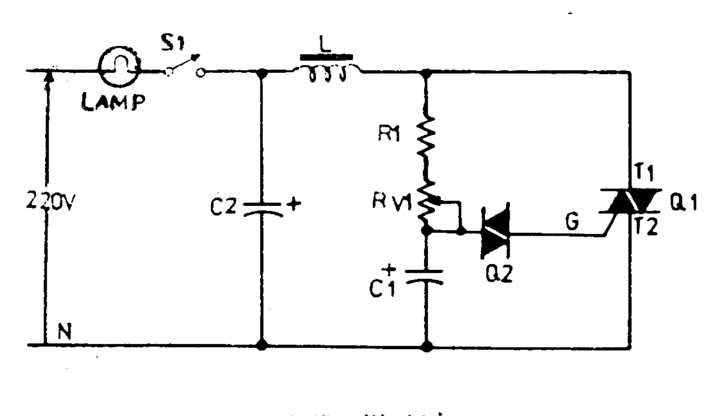
أقصى تردد يعمل عنده الترياك حوالى 60 HZ

لذلك إذا كانت متطلبات الحمل تستلزم مواصفات أعلى من المواصفات السابقة فإنه يستخدم عدد 2 ثايرستور موصلين بالتوازى خلفاً لخلف.

٢ / ١٣ / ١ – تطبيقات على استخدام الترياك فى التحكم:

التطبيق الأول:

الشكل (٢ – ٦٣) يبين دائرة عملية للتحكم فى شدة إضاءة مصباح كهربى باستخدام ترياك، يتم إشعاله بدائرة RC ودياك.



شكل (٢ - ٦٣)

عناصر الدائرة:

ترياك يختار حسب قدرة المصباح.	Q_1
دياك طراز ST2	Q_2
مكثف بوليستير 100 nf ويعمل عند جهد 50 V	C_1
مكثف بولى كربونات 100 nf ويعمل عند جهد 400 V	C_2
ملف 100 µH	L_1
مقاومة كربونية 4.7 KΩ وقدرتها 0.5 W	R_1
مقاومة متغيرة 470 KΩ وقدرتها 1 W	RV_1
مصباح كهربى	La
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1

نظرية التشغيل:

تتحكم المقاومات R_1, RV_1 والمكثف C_1 فى زاوية إشعال الترياك Q_1، فكلما ازدادت قيمة RV_1 ازداد الزمن اللازم لشحن المكثف C_1 للجهد المطلوب لإشعال الدياك وهو 35 V تقريباً عنده يشتعل الدياك Q_2.

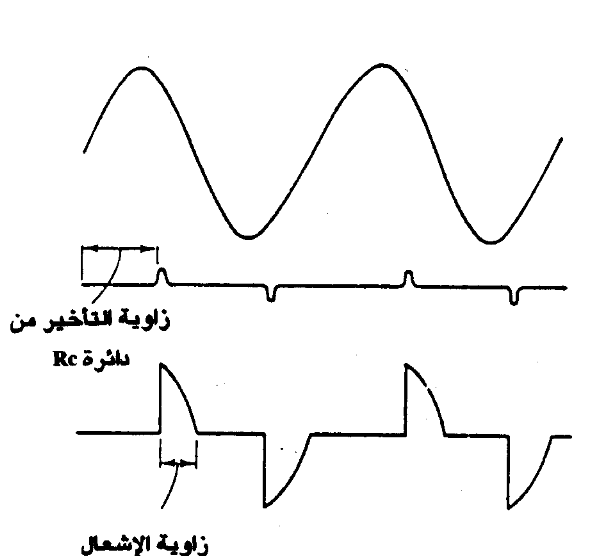
وتصل نبضة جهد متأخرة 5V عبر الدياك لبوابة الترياك Q_1، تعمل على إشعال الترياك متأخراً فيقل الجهد المتشكل على أطراف اللمبة وتنخفض شدة إضاءتها والعكس بالعكس.

ويعاب على هذه الدائرة ما يعرف بالرجوعية Hystresis، بمعنى أنه عند ضبط المقاومة RV_1 للحصول على إضاءة خافتة، ثم غلق المفتاح S_1، فإن المصباح سيضىء بضوء خافت فى أول نصف دورة، ولكن سرعان ما يحدث إشعال مبكر يؤدى إلى زيادة شدة إضاءة المصباح بعد ذلك فى الدورات التالية، وبالتالى يصبح من المستحيل ضبط شدة إضاءة المصباح منذ البداية، ولكن يجب إعادة ضبط شدة إضاءة المصباح بعد إضاءته بواسطة المقاومة RV_1.

ويوضع المكثف C_2 والملف L_1 للحد من إحداث تداخل مع موجات الراديو RFI والناتج عن الوصل والفصل السريع للترياك Q_1 عند زوايا أكبر من الصفر وأقل من $180°$.

والجدير بالذكر أن الديمرات الإلكترونية الخاصة بالمصابيح المتوهجة والمتوفرة فى الأسواق تحتوى على بكرة واحدة للتحكم فى وصل وفصل المصباح، وكذلك التحكم فى شدة إضاءتها.

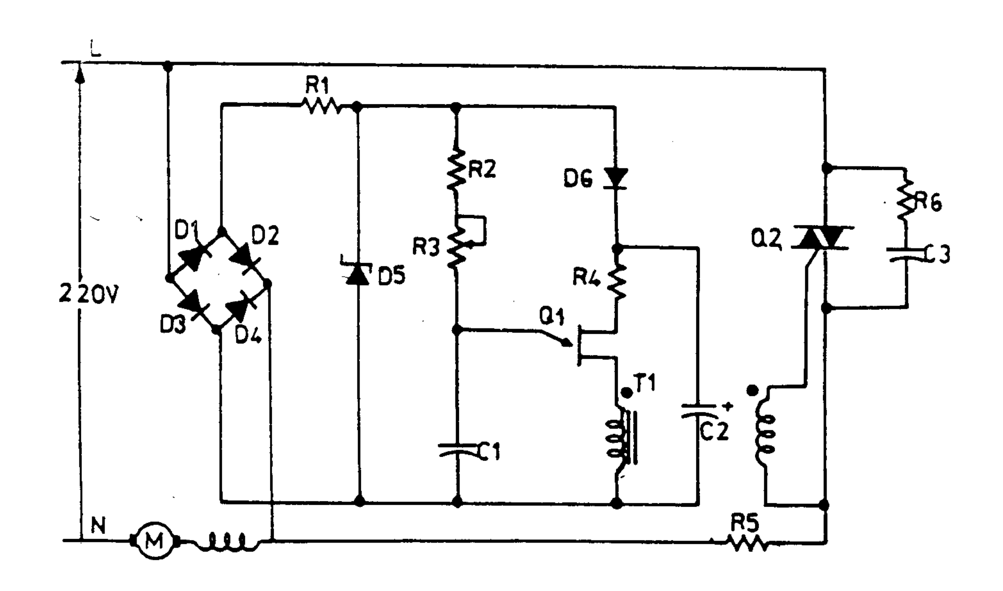
والشكل (٢ - ٦٤) يعرض موجة جهد المصدر (أ) ونبضات الإشعال (ب) وموجة الجهد على أطراف المصباح (جـ).



شكل (٢ - ٦٤)

التطبيق الثانى :

الشكل (٢ – ٦٥) يعرض دائرة عملية للتحكم فى سرعة محرك عام باستخدام ترياك يتم التحكم فيه بترانزستور أحادى الوصلة مع محول نبضات .



شكل (٢ – ٦٥)

عناصر الدائرة :

أربع ثنائيات سليكونية طراز 1 N 4004	D_1-D_4
ثنائى زينر جهده 5.1V طراز 1 N 751 A	D_5
ثنائى سليكونى طراز 1 N 4001	D_6
ترانزستور أحادى الوصلة طراز 2 N 5431	Q_1
ترياك طراز 2 N 6346	Q_2
مقاومة 35 K Ω وقدرتها 3 W	R_1
مقاومة كربونية 39 KΩ	R_2

مقاومة متغيرة 50 K Ω	R_3
مقاومة كربونية 330 Ω	R_4
انظر الشرح	R_5
مقاومة كربونية 100 Ω	R_6
مكثف كيميائى 0.1 µf وجهده 10 V	C_1
مكثف كيميائى 10 µf وجهده 10 V	C_2
مكثف كيميائى 0.1 µf وجهده 400 VAC	C_3
محول نبضات طراز (11Z12) SPRAGUE	T_1

نظرية التشغيل :

يقوم ثنائى الزينر D_5 بتثبيت جهد الموجة الموحدة بواسطة القنطرة المؤلفة من الثنائيات D_1-D_4 ليساوى 5.1 V

وبمجرد تشكل جهد على أطراف ثنائى الزينر يشحن المكثف C_1 عبر R_2, R_3، وبمجرد وصول الجهد على أطراف C_1 لجهد إشعال الترانزستور الأحادى الوصلة Q_1 تخرج نبضة للجانب الابتدائى لمحول النبضات، وتنقل للجانب الثانوى ليشتعل الترياك . ويمكن التحكم فى زاوية إشعال الترياك بواسطة المقاومة المتغيرة R_3 .

والشكل (٢ – ٦٦) يعرض موجة الجهد على أطراف ثنائى الزينر D_5 (أ) وموجة الجهد على أطراف المكثف C_1 (ب) . وموجة التيار فى الجانب الثانوى لمحول النبضات (جـ) وموجة الجهد على أطراف المحرك (S) .

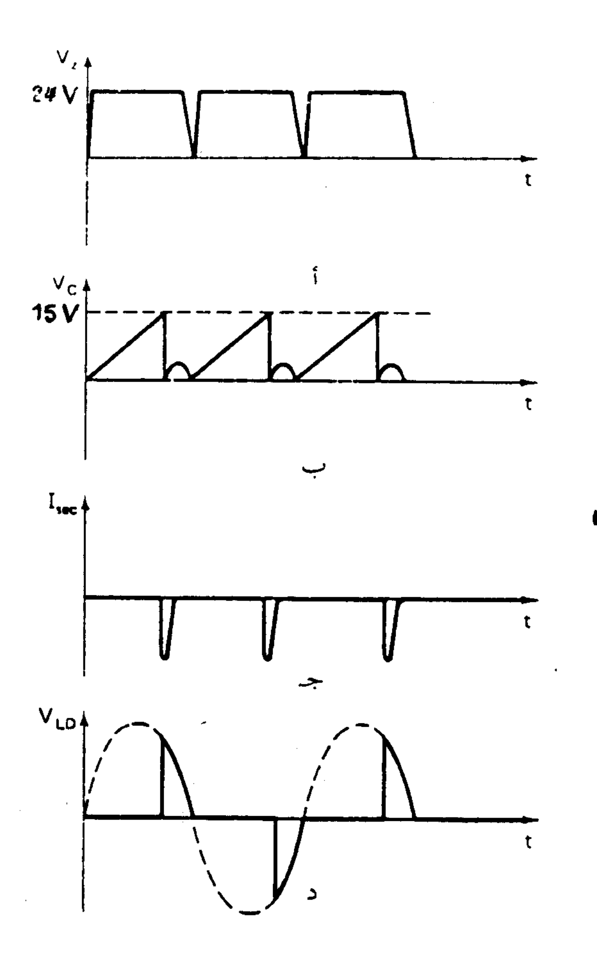
والجدير بالذكر أن قيمة R_5 تعتمد على شدة تيار المحرك .

والجدول (٢ – ٢٧) يبين قيمة المقاومة R_5 عند قيم مختلفة لشدة تيار المحرك، ويمكن تعيين قيمة المقاومة R_5 من المعادلة التالية : $R_5 = \frac{2}{I_M}$.

حيث إن : I_M هى القيمة العظمى لتيار المحرك .

الجدول (٢ - ٢٧)

شدة التيار	R_5	
	القيمة	القدرة
2	1	5
3	0.67	10
6.5	0.32	15



شكل (٢ - ٦٦)

٢ / ١٣ / ٢ - جداول اختيار الترياك :

فيما يلى أهم الرموز المستخدمة فى ورق بيانات الترياكات :

القيمة الفعالة لتيار الترياك I_T

الجهد الأقصى المتكرر الذى يتحمله الترياك بدون أن يشتعل ذاتيًا V_{RRM}

جهد إشعال البوابة الأدنى V_{GT}

تيار إشعال البوابة الأدنى I_{GT}

والجدول (٢ – ٢٨) يعرض بعض الترياكات التى يكثر استخدامها وخواصها الفنية .

الجدول (٢ - ٢٨)

الطراز	I_T	V_{RRM}	V_{GT}	I_{GT}
TIC 206 M	4 A	600 V	2 V	5 mA
TIC 216 M	6 A	600 V	3 V	5 mA
TIC 225 M	8 A	600 V	2 V	20 mA
TIC 226 M	8 A	600 V	2 V	50 mA
TIC 236 M	12 A	600 V	2 V	50 mA
TIC 246 M	16 A	600 V	2 V	50 mA
BT 139	15 A	600 V	1.5 V	5 mA

٢ / ١٣ / ٣ - اختبار صلاحية الترياك :

الجدول (٢ – ٢٩) يبين طريقة اختبار الترياك باستخدام جهاز الأوميتر .

الجدول (٢ - ٢٩)

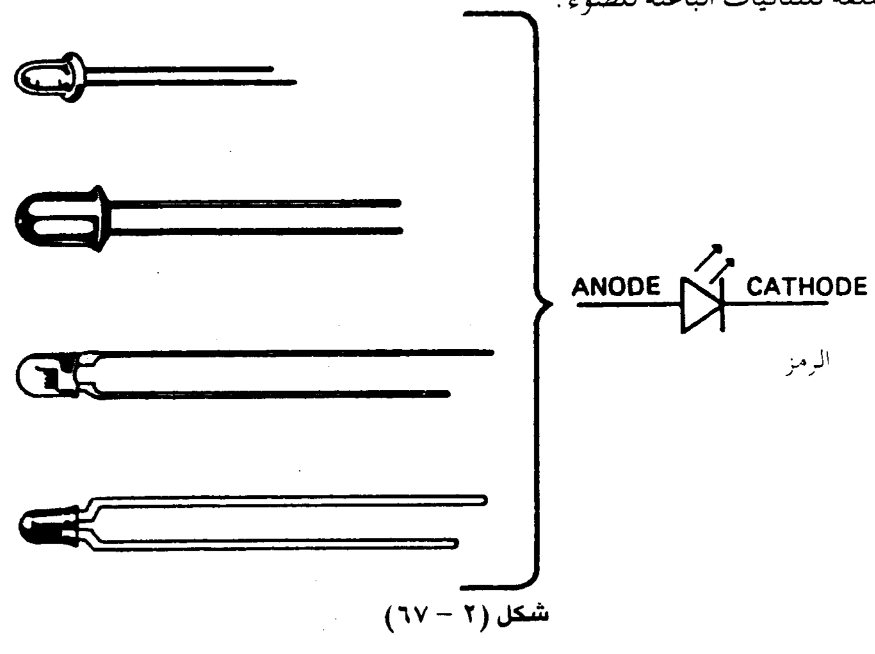
النتائج المتوقعة	الطرف السالب - للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر يتصل بـ
مقاومة أكبر من 1 M Ω وتقل كلما زاد تيار الترياك	المصعد أو المهبط	المصعد أو المهبط
مقاومة صغيرة	المصعد 1 Anode1	البوابة Gate
مقاومة صغيرة	البوابة Gate	المصعد 1 Anode1
مقاومة كبيرة	المصعد 2 Anode 2	البوابة Gate
مقاومة كبيرة	البوابة Gate	المصعد 2 Anode2

٢ / ١٤ - الإلكترونيات الضوئية :

إن جميع أشباه الموصلات تتفاعل مع الضوء لحد ما، مما دفع المصممين لتصميم بعض العناصر الإلكترونية لتعمل كحساسات ضوئية أو باعثات للضوء، وسوف نتناول العناصر الإلكترونية الضوئية فى الفقرات التالية.

٢ / ١٤ / ١ - الثنائى الباعث للضوء LED :

يشبه الثنائى الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة، ويتواجد بألوان مختلفة، وهو يستخدم كلمبة إشارة. والشكل (٢ - ٦٧) يعرض رمزاً وأشكالاً مختلفة للثنائيات الباعثة للضوء.



شكل (٢ - ٦٧)

ينبعث -عادة- ضوء من LED عندما يكون منحازاً أمامياً بجهد أكبر من 2V، أما عندما يكون LED منحازاً أساسياً فإنه لا يمرر تيار وبالتالي لا يضيء.

وتوجد ألوان مختلفة من الثنائيات الباعثة للضوء مثل الأحمر والأصفر والبرتقالي والأخضر والأزرق، وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار فيه والتي تتراوح ما بين (5: 25 mA).

وهناك نوعان من الثنائيات الباعثة للضوء، تبعاً لنوع الضوء المنبعث وهما:

ثنائيات باعثة للضوء المرئي VLED.

ثنائيات باعثة للضوء غير المرئي مثل الأشعة تحت الحمراء IRLED.

وتوصل -عادة- مقاومة على التوالي مع LED لتحديد شدة التيار المار. والجدول (٢ - ٣٠) يبين قيم المقاومة التي توصل بالتوالي مع LED عند الجهود المختلفة، علماً بأنه توجد ثلاثة أنواع من الثنائيات الباعثة للضوء: الأولى منخفضة القدرة تيارها (5 mA). والثانية قياسية وتيارها (10 mA) والثالثة عالية القدرة وتيارها (20mA).

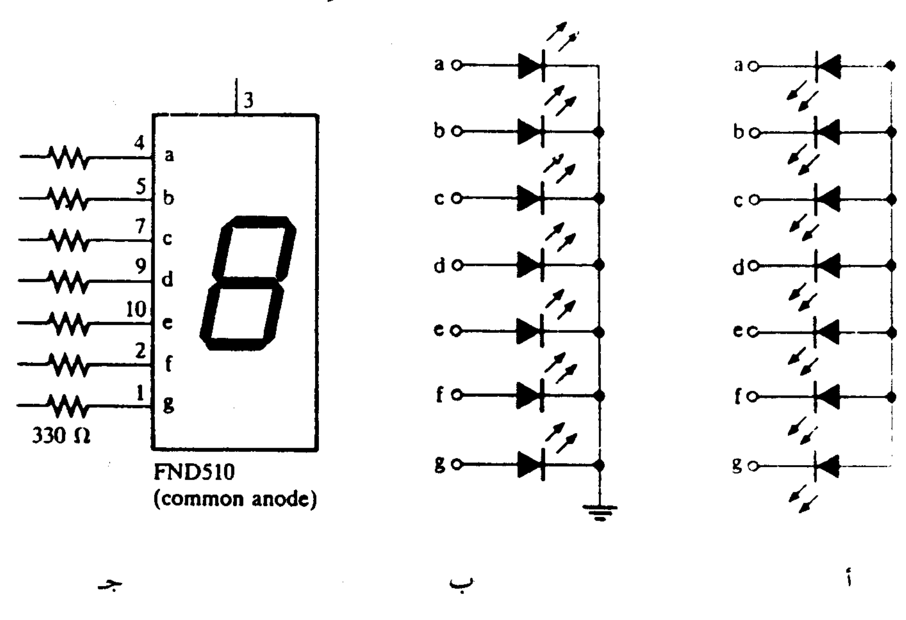
الجدول (٢ - ٣٠)

ثنائي عالي القدرة	ثنائي قياسي	ثنائي منخفض	جهد الإمداد (V)
56 Ω	180 Ω	220 Ω	3 V
150 Ω	270 Ω	680 Ω	5 V
220 Ω	390 Ω	820 Ω	6 V
390 Ω	680 Ω	1.5 K Ω	9 V
560 Ω	1 K Ω	2.2 K Ω	12 V
680 Ω	1.2 K Ω	2.7 K Ω	15 V
820 Ω	1.5 K Ω	3.3 K Ω	18 V
1.2K Ω	2.2 K Ω	4.7 K Ω	24 V

وتستخدم الثنائيات الباعثة للضوء على نطاق واسع فى صناعة وحدات العرض الرقمية ذات السبع شرائح seven segment displays، والتى تستخدم فى أجهزة القياس والحاسبات الإلكترونية والساعات الرقمية.. إلخ.

وتتكون وحدة العرض الرقمية من 7 ثنائيات باعثة للضوء مبططة، وهى تتواجد فى صورتين، إما بمصعد مشترك Common Anode أو مهبط مشترك Common Cathode.

والشكل (٢ – ٦٨) يعرض شكل دائرة وحدة عرض رقمية بمصعد مشترك (أ)، ودائرة وحدة عرض رقمية ذات مهبط مشترك (ب)، وشكل تخطيطى لوحدة عرض رقمية بمصعد مشترك طراز FND510، بحيث توصل مهابط الثنائيات السبعة بمقاومات 330Ω لتحديد التيار. عندما يكون جهد الإمداد +5V.



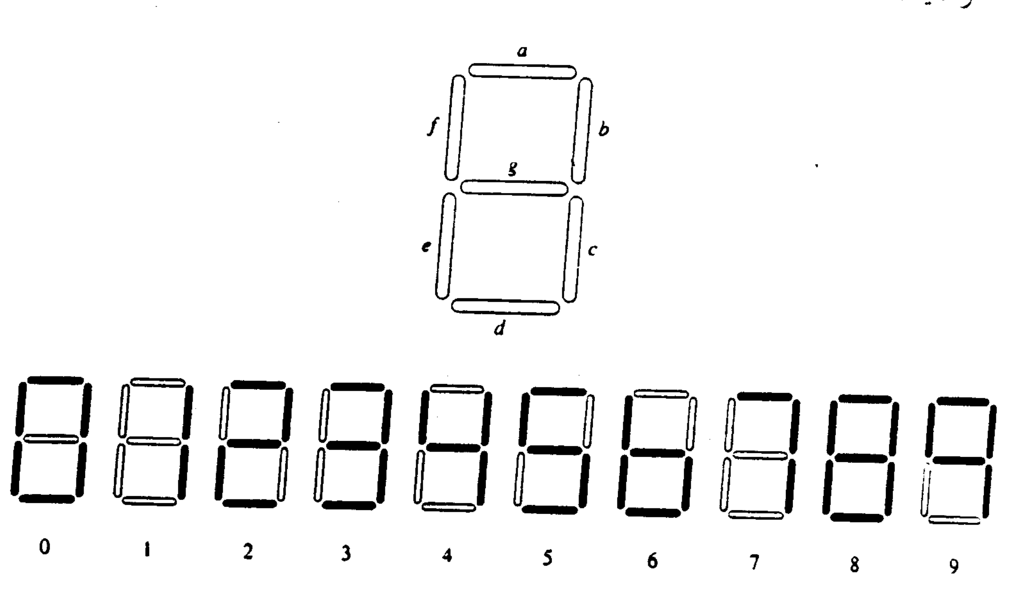
شكل (٢ – ٦٨)

والجدول (٢ – ٣١) يبين طريقة استخدام وحدات العرض ذات الشرائح السبعة ذات المصعد المشترك والمهبط المشترك.

الجدول (٢ - ٣١)

الرقم الظاهر	الثنائيات المضيئة	جهد أطراف الثنائيات المضيئة	
		مصعد مشترك	مهبط مشترك
0	a,b,c,d,e,f	+ Vcc	أرضي
1	b,c	+ Vcc	أرضي
2	a,b,g,e,d	+ Vcc	أرضي
3	a,b,c,d,g	+ Vcc	أرضي
4	b,c,f,g	+ Vcc	أرضي
5	a,c,d,f,g	+ Vcc	أرضي
6	c,d,e,f,g	+ Vcc	أرضي
7	a,b,c	+ Vcc	أرضي
8	a,b,c,d,e,f,g	+ Vcc	أرضي
9	a,b,c,f,g	+ Vcc	أرضي

والشكل (٢- ٦٩) يبين كيفية الحصول على الأعداد 9-0 على وحدة عرض رقمية.



شكل (٢ - ٦٩)

والجـدول (٢ – ٣٢) يبين بعض الطرازات المختلفـة لوحـدات العـرض الرقـمـيـة وخواصها الفنية.

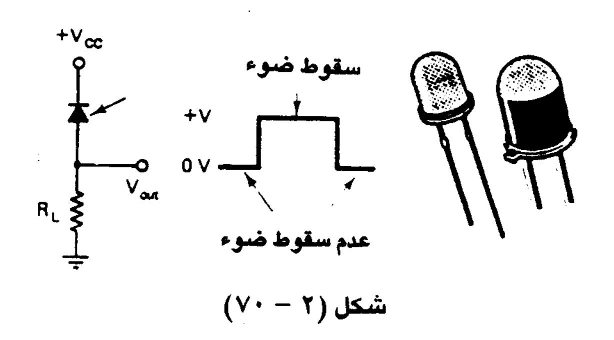
الجدول (٢ – ٣٢)

الطراز	الطول (بوصة)	نوع التوصيلة	عدد الأرقام	أقصى تيار للشريحة (mA)	أقصى جهد للشريحة (V)
NTE 3050	0.27	مصعد مشترك	واحد	30	10
NTE 3052	0.3	مصعد مشترك	واحد	30	5
NTE 3056	0.3	مهبط مشترك	واحد	30	6
NTE 3061	0.3	مصعد مشترك	واحد	30	6
NTE 3068	0.4	مصعد مشترك	واحد	30	6
NTE 3071	0.4	مهبط مشترك	واحد	30	6
NTE 3074	0.56	مصعد مشترك	اثنان	30	6
NTE 3075	0.56	مهبط مشترك	اثنان	30	6

٢ / ١٤ / ٢ – الثنائي الضوئي Light Activated Diode (LAD):

يطلق على الثنائي الضوئي أحياناً Photo Diode،وهو يشبه الثنائي العادي، عدا أنه يحتوي على سطح زجاجي يسمح بسقوط الضوء على الوصلة الثنائية له. ويعمل هذا الثنائي طبيعياً فيسمح بمرور التيار عند تعرضه لانحياز أمامي ويمنع مرور التيار عند تعرضه لانحياز عكسي، ولكن بمجرد تعرض الثنائي الضوئي لشعاع ضوئي فإنه يسمح بمرور التيار عند تعرضه لانحياز عكسي،ويزداد التيار المار كلما زادت شدة الشعاع الضوئي الساقط عليه.

والشكل (٢ – ٧٠) يعرض نماذج لثنائيات ضوئية، وكذلك طريقة استخدام الثنائي الضوئي للعمل في الانحياز العكسي أثناء تعرضه لشعاع ضوئي:



شكل (٢ - ٧٠)

فعند تعرض الثنائى الضوئى لشعاع ضوئى خارجى يتحول لحالة الوصل فيصبح الجهد الخارج Vout مساويًا ($V_{cc}-V_R$)، حيث إن V_{cc}هو جهد المنبع، V_R هو فقد الجهد فى الثنائى الضوئى عند الانحياز العكسى.

والجدول (٢ - ٣٣) يعرض عدة طرازات للثنائيات الضوئية وخواصها الفنية.

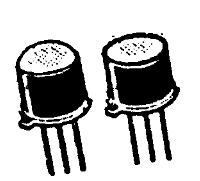
الجدول (٢ - ٣٣)

BP 21	BP 24	BPW 43	الطراز
أصغر من 2mA	أصغر من 5 mA	أصغر من 4 mA	تيار الإعتام
5 V	10 V	10 V	الجهد العكسى (V_R)

٢ / ١٤ / ٣ - الترانزستور الضوئى Photo transistor :

وهو يشبه الترانزستور العادى، فيما عدا احتوائه على سطح زجاجى يسمح بسقوط الشعاع الضوئى على وصلة الترانزستور. والشكل (٢ - ٧١) يعرض نماذج لترانزستورات ضوئية وكذلك رمزها.

ويمكن استخدام الترانزستور الضوئى كترانزستور معتاد فى منطقة مظلمة، حيث يزداد I_C (تيار المجمع) بزيادة I_B (تيار القاعدة)، وتكون النسبة بينهما مساوية لمعامل كسب التيار h_{FE}، أى أن :





شكل (٢ -٧١)

$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

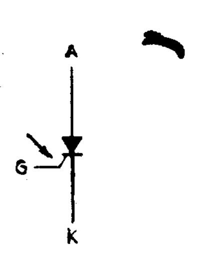
أما إذا لم تستخدم قاعدة الترانزستور وتعرض الترانزستور لشعاع ضوئى، فإن Ic سوف يزداد بزيادة شدة الشعاع الضوئى والعكس بالعكس .

علماً بأنه يوجد ترانزستور دار لنجتون ضوئى يستخدم فى دوائر القدرة، ويوجد طرازات كثيرة من الترانزستورات الضوئية على سببيل المثال Bpw 13 A, Bpw 14 B، وهى تستخدم كحساسات فى دوائر التحكم الإلكترونية.

٢ / ١٤ / ٤ - الثايرستور الضوئى Light- Aetivated SCR :

يشبه الثايرستور الضوئى الثايرستور العادى فى عمله، عدا أنه يحتوى على سطح زجاجى يسمح لسقوط شعاع ضوئى على وصلته،ويعمل الثايرستور الضوئى (LASCR) كعنصر إمساك، فبمجرد سقوط شعاع ضوئى عليه يحدث إشعال للثايرستور، ولا يمكن إطفاء الثايرستور فى هذه الحالة إلا بتقليل تيار المصعد عن تيار الإمساك للثايرستور Holding Current، ويمتاز الثايرستور الضوئى بقدرته على حمل تيارات لا يقدر على حملها كلاً من الثنائى الضوئى والترانزستور الضوئى.

ويوصل -عادة- مكثف بين مصعد ومهبط الثايرستور الضوئى لمنع الإشعال الكاذب للثايرستور، ويستخدم -عادة- الثايرستور الضوئى كحساس للضوء فى دوائر التحكم. وفيما يلى رمز الثايرستور الضوئى (LASCR) .



٢ / ١٤ / ٥ - المقاومة الضوئية LDR:

تصنع المقاومة الضوئية من مواد شبه موصلة مثل سلينيد الكادميوم، وتغطى بالسيراميك، وتوضع داخل غلاف زجاجى، وتتغير مقاومة LDR عند تعرضها لشعاع ضوئى فتقل المقاومة من عدة ميجا أوم إلى عدة كيلو أوم؛ لذلك فهى

تستخدم أحيانًا فى بناء مجزئات الجهد عند الحاجة لخرج يعتمد على شدة الضوء. والشكل (٢ - ٧٢) يعرض رمزًا ونموذجًا لمقاومة ضوئية.

شكل (٢ - ٧٢)

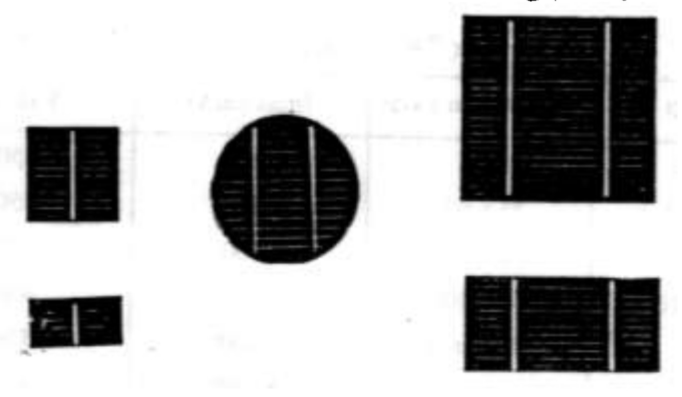
والجدول (٢ - ٣٤) يعرض خواص بعض طرازات للمقاومات الضوئية.

الجدول (٢ - ٣٤)

المقاومة عند تعرضها لضوء شدته 1000 lux	المقاومة فى الظلام	قطر عدسة المقاومة Ø
300 Ω	5 M	7 mm
300 Ω	5 M	10 mm
250 Ω	6 M	15 mm
220 Ω	6 M	20 mm
200 Ω	6 M	25 mm

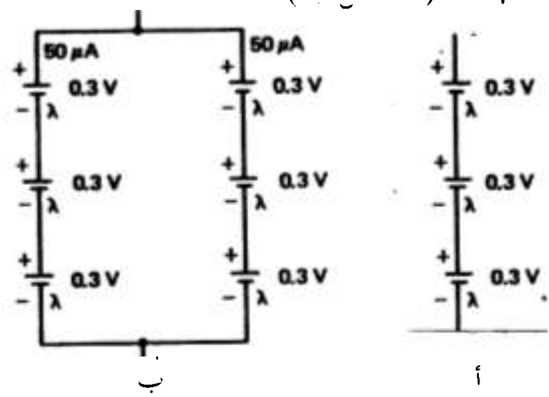
٢ / ١٤ / ٦ - الخلايا الشمسية Solar Cells :

تقوم الخلايا الشمسية بتوليد جهد على أطرافها يتناسب مع شدة الشعاع الضوئى الساقط عليها، ويتراوح هذا الجهد من 0.25: 0.6 V للخلية الواحدة، وتصل شدة التيار للخلية الواحدة إلى 50μA. والشكل (٢ - ٧٣) يعرض نماذج مختلفة.



شكل (٢ - ٧٣)

ويوضع – عادة – الحرف λ بجوار البطارية للدلالة على أنها تمثل خلية ضوئية، وبتوصيل عدة خلايا ضوئية على التوالى يمكن زيادة الجهد المحصل، ويمكن زيادة التيار المحصل بتوصيل عدة خلايا شمسية على التوازى. والشكل (٢ – ٧٤) يبين طريقة توصيل ثلاث خلايا شمسية على التوالى للحصول على جهد 0.9 V وتيار (50 μA) الشكل (P)، وطريقة توصيل ست خلايا شمسية للحصول على جهد 0.9 V. وتيار 100 μ A (الشكل ب).



شكل (٢ – ٧٤)

والجدول (٢ – ٣٥) يعرض خواص بعض الطرازات المختلفة للخلايا الشمسية.

حيث إن :

أقصى تيار للخلية الشمسية I_{max}

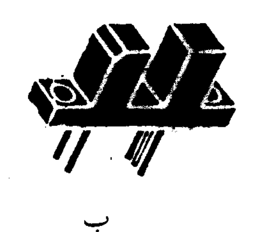
جهد أطراف الخلية الشمسية V

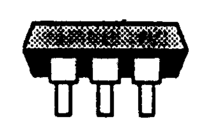
الجدول (٢ – ٣٥)

الطـراز	الأبعاد mm X mm	Imax (mA)	V (mV)
SOL 19-6	19 x 6	25	450
SOL 25-50 p	25 x 50	300	450
SOL 50-50 p	50 x 50	600	450
SOL 50-100 p	50 x 100	1200	450
SOL 3	76 mm ø	1200	450
SOL 100-100 p	100 x 100	2400	450

٢ / ١٤ / ٧ - عناصر الارتباط الضوئية العازلة Photo Coupled Isolator :

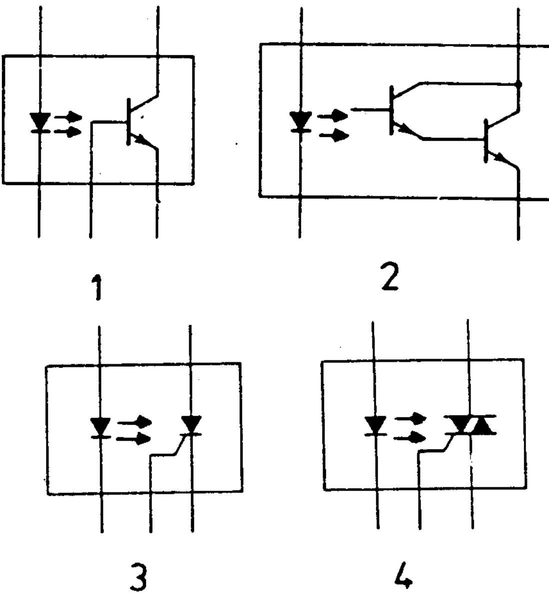
يتكون عنصر الارتباط الضوئى العازل من ثنائى باعث للضوء وعنصر إحساس ضوئى مثل مقاومة ضوئية أو ترانزستور ضوئى أو ثايرستور ضوئى ... إلخ. وتستخدم عناصر الارتباط الضوئى العازلة فى عزل دوائر التحكم عن الدوائر الرئيسية لدواعى الحماية. والشكل (٢ – ٧٥) يعرض نموذجًا لعنصر ارتباط ضوئى عادى (أ)، ونموذجًا لعنصر ارتباط ضوئى بمجرى Slot.





شكل (٢ – ٧٥)

وفيما يلى رموز عناصر الارتباط الضوئى العازلة:



فالرمز 1 لوحدة ارتباط ضوئى بخرج ترانزستور ضوئى.

والرمز 2 لوحدة ارتباط ضوئى بخرج ترانزستور دار لنجتون.

والرمز 3 لوحدة ارتباط ضوئى بخرج (LASCR).

والرمز 4 لوحدة ارتباط ضوئى بخرج ترياك ضوئى.

والجدول (٢ – ٣٦) يبين خواص بعض طرازات لوحدات ارتباط ضوئى بخرج ترانزستور.

حيث إن:

جهد العزل Vis

نسبة التحويل وتساوى $(\frac{Io}{Ii} \times 100)$ CTR%

تيار الخرج Io

تيار الدخل Ii

الجدول (٢ – ٣٦)

الطراز	4 N 25	4 N 26	4 N 27	4 N 35	4 N 37	4 N*32	4 N*33
Vis (dc)	2500	1500	1500	3500	1500	2500	1500
CTR %	> 50	> 50	> 30	> 100	> 100	> 500	> 500

*** وحدة ارتباط ضوئى بخرج ترانزستور دار لنجتون.**

والجدول (٢ – ٣٧) يبين خواص طرازين لوحدة ارتباط ضوئى بخرج ترياك.

وحيث إن:

جهد الانحياز الأمامى الأقصى للثنائى الباعث للضوء $V_{f(max)}$

جهد الانحياز الأقصى للثنائى الباعث للضوء $V_{R(max)}$

التيار الأمامى الأقصى للثنائى الباعث للضوء $I_{f\,max}$

الجهد العكسى الأقصى المتكرر للترياك V_{RRM}

تيار البوابة الأدنى للترياك I_{GT}

جهد البوابة الأدنى للترياك V_{GT}

جهه العزل الأقصى للوصلة V_{is}

تيار الدخل اللازم لإشعال الترياك I_i

الجدول (٢ - ٣٧)

الطراز	خواص الثنائى الباعث للضوء			خواص الترياك الضوئى			خواص الوصلة	
	$I_{F(max)}$	$V_{R(max)}$	$V_{F(max)}$	V_{RRM}	I_{GT}	V_{Gt}	V_{is}	I_i
MOC 3010	50 mA	3 V	1.5 V	250 V	-	3 V	7500 V	15 mA
MOC 3020	50 mA	3 V	1.5 V	400 V	100 mA	3 V	7500 V	30 mA

٢ / ١٤ / ٨ - اختبار العناصر الإلكترونية الضوئية :

يتم اختبار معظم العناصر الإلكترونية الضوئية بجهاز الأوميتر، فمثلاً : يمكن اختبار الثنائى الباعث للضوء LED بجهاز الأوميتر بنفس طريقة اختبار الثنائى العادى، حيث يعطى مقاومة صغيرة عندما يكون منحازاً أماميًا، ويعطى مقاومة كبيرة عندما يكون منحازاً عكسيًا.

وكذلك يمكن اختبار الترانزستور الضوئى بالأوميتر، حيث يعطى مقاومة صغيرة بين المجمع والباعث عند تعرضه للضوء، ويعطى مقاومة كبيرة بين المجمع والباعث عند حجب الضوء عنه.

وأيضًا، يمكن اختبار الثايرستور الضوئى بالأوميتر، فيعطى مقاومة صغيرة عندما يكون منحازاً أماميًا، أى موجب الأوميتر يتصل بالمصعد وسالب الأوميتر يتصل بالمهبط، وذلك أثناء تعرضه للضوء، ويعطى مقاومة كبيرة عند حجبه عن الضوء.

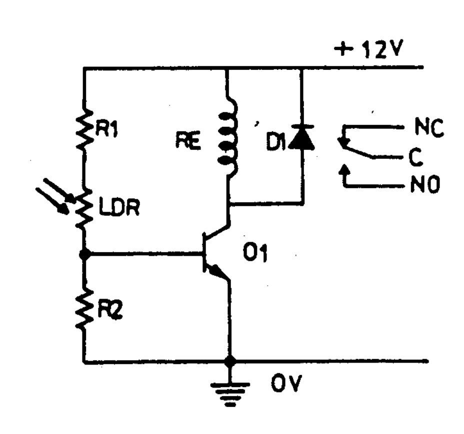
وأيضًا، يمكن اختبار المقاومة الضوئية بالأوميتر، فتعطى مقاومة صغيرة عند تعرضها للضوء ومقاومة كبيرة عند حجب الضوء عنها.

فى حين يتم اختبار الخلايا الشمسية بجهاز الفولتميتر حيث يتشكل جهد على أطرافها عند تعريضها للضوء، ويتلاشى الجهد من على أطرافها عند حجبها عن الضوء.

٢ / ١٤ / ٩ - تطبيقات على استخدام الإلكترونات الضوئية :

التطبيق الأول :

الشكل (٢ - ٧٦) يعرض دائرة عملية لخلية ضوئية تستخدم فى التحكم فى إضاءة لمبات الشوارع.



شكل (٢ - ٧٦)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 560 Ω	R_1
مقاومة كربونية 4.7 Ω	R_2
مقاومة ضوئية	LDR
ترانزستور NPN طراز 2 N 3904	Q_1
ثنائى سليكونى طراز 1 N 4001	D_1
ريلاى يعمل عند جهد 12 V ومقاومته أقل من 120 Ω	RE

نظرية التشغيل :

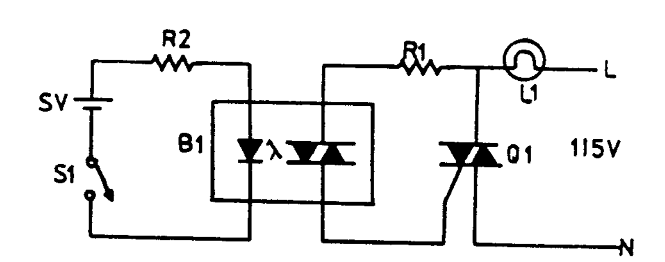
تعمل المقاومات R_1, R_2, LDR كمجزئ جهد يتحكم فى جهد قاعدة الترانزستور Q_1. وعند الظلام فإن المقاومة الضوئية LDR يكون لها مقاومة كبيرة

جداً، وبالتالى يصبح جهد قاعدة الترانزستور Q_1 صفراً، وتباعًا يصبح الترانزستور Q_1 والريلاى RE فى حالة فصل OFF.

وفى ضوء النهار فإن المقاومة الضوئية LDR يكون لها مقاومة صغيرة فتصبح المقاومة R_2 أكبر من المقاومة (R_1+ LDR)، وتباعًا يزداد جهد قاعدة الترانزستور Q_1، فيتحول الترانزستور لحالة الوصل ON، وتباعًا يعمل الريلاى RE فيغلق الريلاى ريشته المفتوحة والموصلة بالتوالى مع المصباح فيضىء المصباح.

التطبيق الثانى:

الشكل (٢ - ٧٧) يوضح طريقة استخدام وحدة الارتباط الضوئى MOC 3011 فى عزل دائرة التحكم عن الدائرة الرئيسية.



شكل (٢ - ٧٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 47 Ω	R_1
مقاومة كربونية 360 Ω	R_2
ترياك طراز 2 N6342A	Q_1
وحدة ارتباط ضوئية طراز MOC 3011	B_1
مفتاح قطب واحد سكة واحد	S_1
مصباح كهربى	L_1

نظرية التشغيل:

عند غلق المفتاح S_1 فإن وحدة الارتباط الضوئى B_1 سوف تعمل نتيجة لمرور تيار كهربى فى الثنائى المشع لها، وبالتالى يتحول ترياك وحدة الارتباط الضوئى لحالة الوصل، ويصبح كما لو كان مفتاحًا مغلقًا، وينشأ عن ذلك تولد فرق جهد بين البوابة G والقاعدة T_2 للترياك الرئيسى Q_1، فيتحول الترياك الرئيسى لحالة الوصل وتضىء اللمبة L_1، وتظل اللمبة L_1 مضيئة طالما أن المفتاح S_1 مغلق، ولكن بمجرد فتح المفتاح S_1 يتحول ترياك وحدة الارتباط الضوئى لحالة القطع مما يؤدى لاختفاء فرق الجهد بين البوابة G والقاعددة T_2 للترياك الرئيسى، فيتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفئ المصباح L_1.

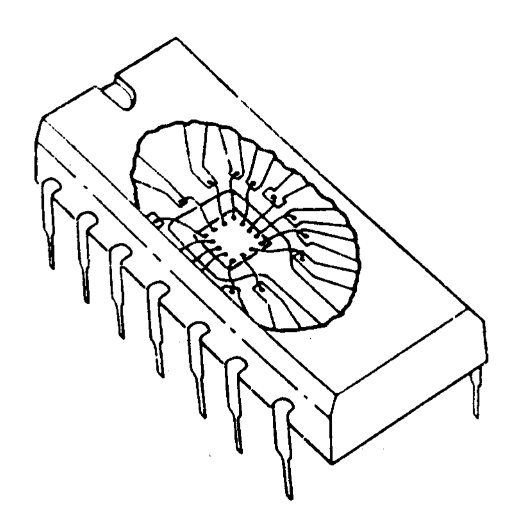
الباب الثالث

الإلكترونيات الرقمية

الإلكترونيات الرقمية

٣ / ١ - مقدمة :

يمكن تقسيم الدوائر الإلكترونية المتكاملة إلى نوعين أساسين، وهما الدوائر المتكاملة التناظرية (الخطية) Analogue Ic, S والدوائر المتكاملة الرقمية Digital Integrated circiuts وتبنى الدوائر المتكاملة بصفة عامة باستخدام مجموعة من العناصر الإلكترونية مثل : المقاومات، والمكثفات، والثنائيات، والترانزستورات، وتوصل هذه العناصر مع بعضها على رقيقة سليكونية صغيرة جداً، وتحاط هذه الرقيقة بغلاف لدن له أرجل للتوصيل. ويوجد أشكال مختلفة للدوائر المتكاملة وأكثرها انتشاراً الدوائر المتكاملة DIL وهي اختصار لـDual in Line وهي دوائر متكاملة بصفين من الأرجل على جانبيها، المسافة بين كل رجل والأخرى 0.1 بوصة، والشكل (٣ – ١) يبين مجسماً لهذا النوع من الدوائر المتكاملة.



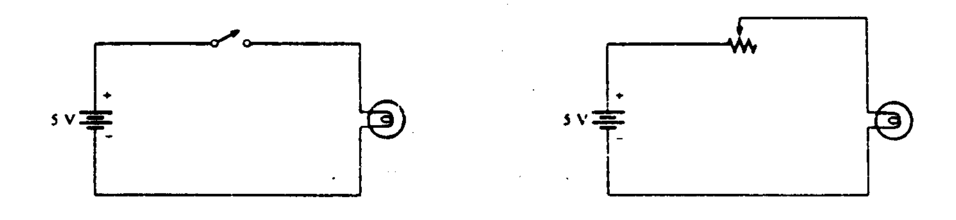
شكل (٣ – ١)

وعادة فإن الدوائر المتكاملة DIL تتواجد بأعداد مختلفة من الأرجل مثل: (8, 14, 16, 28, 40) ، وتختلف الدوائر المتكاملة التناظرية والدوائر المتكاملة الرقمية فى طبيعة الجهود التى تتعامل معها.

فبالنسبة لجهود الدخل والخرج للدوائر التناظرية تكون جهود تناظرية فى حين أن جهود الدخل والخرج للدوائر الرقمية تكون على هيئة إشارات رقمية. والمثال التالى سيوضح الفرق بين الجهد التناظرى وإشارة الجهد الرقمية.

وفى الشكل (٣ - ٢) دائرتان للتحكم فى مصباح كهربى. ففى الشكل (أ) يتم التحكم فى شدة إضاءة المصباح بتغيير قيمة مقاومة متغيرة موصلة بالتوالى مع المصباح. وفى الشكل (ب) يتم إضاءة أو إطفاء المصباح بواسطة مفتاح يدوى موصل على التوالى مع المصباح.

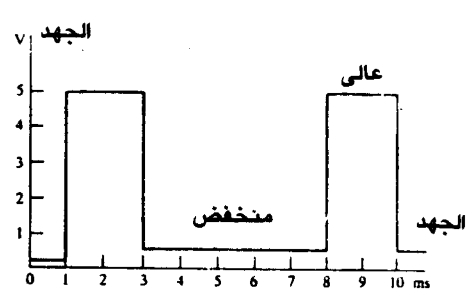
ويقال: إن جهد المصباح فى الدائرة (أ) جهد تناظرى لأن قيمته تتغير بتغير قيمة المقاومة المتغيرة، وأقصى قيمة لهذا الجهد التناظرى هو جهد البطارية، بينما يقال: إن مصباح الدائرة (ب) يتعرض لإشارة جهد رقمية، حيث إن لها حالتين فقط، وهما: الأولى: وقيمتها تساوى جهد البطارية عند غلق المفتاح، وتعمل على إضاءة المصباح، ويقال عن هذه الحالة: الحالة العالية (H) أو الحالة المنطقية (1)، أما الحالة الثانية: فإن قيمتها تساوى صفراً، وتعمل على إطفاء المصباح ويقال عن هذه الحالة: الحالة المنخفضة (L) أو الحالة المنطقية (0) .



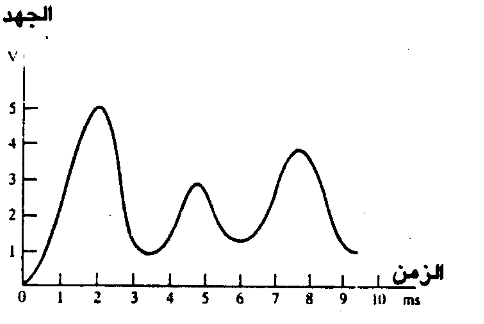
شكل (٣ - ٢)

والشكل (٣ – ٣) يبين الفرق بين إشارة الجهد الرقمية وإشارة الجهد التناظرية ففي الشكل (أ) إشارة جهد رقمية ولها قيمتان وهما إما 5V + ويقال عنها عالٍ (High) أو (1) والقيمة الثانية القريبة من الصفر ويقال عنها منخفض (LOW) أو (0) .

أما الشكل (ب) فيعرض إشارة جهد تناظرية ولها قيم مختلفة من لحظة لأخرى، وهي تتغير ما بين (+5V : 0) .



أ



ب

شكل (٣ – ٣)

٣ / ٢ - الدوائر المتكاملة الرقمية :

تنقسم الدوائر المتكاملة الرقمية إلى مجموعة من العائلات تبعًا لنوع العناصر المستخدمة فى بنائها . وفيما يلى بعض هذه العائلات :

أ – عائلة RTL　　ب – عائلة DTL　　جـ – عائلة TTL

د – عائلة ECL　　هـ – عائلة CMOS

وأكثر هذه العائلات استخدامًا فى الوقت الراهن عائلة TTL، ثم عائلة الـCMOS .

٣ / ٢ / ١ - الدوائر المتكاملة الرقمية (عائلة TTL) :

ويستخدم فى بنائها ترانزستورات ثنائية القطبية BJT ، ولكنها تحتوى على أكثر من باعث . وتنقسم هذه العائلة إلى عدة سلاسل أكثرها انتشاراً السلسلة 54،

وتستخدم فى الاستخدامات العسكرية، والسلسلة 74، وتستخدم فى الاستخدامات العامة ويندرج تحت هاتين السلسلتين سلاسل أخرى فرعية مثل:

١ – السلسلة القياسية ..SN54.. / SN74 .

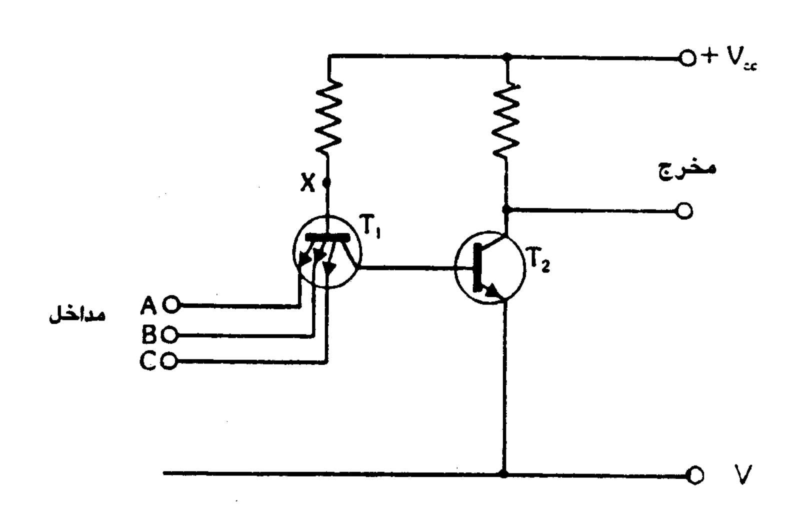
٢ – سلسلة استهلاك القدرة المنخفضة ..SN54L.. / SN74L .

٣ – سلسلة السرعة العالية ..SN54H.. / SN74H .

٤ – سلسلة شوتكى ..SN54S.. / SN74S .

٥ – سلسلة استهلاك القدرة المنخفضة والتى تحتوى على وصلة شوتكى عند المداخل ..SN54LS.. / SN74LS .

والشكل (٣ – ٤) يعرض الدائرة الداخلية لبوابة NAND بثلاثة مداخل تندرج تحت عائلة TTL .



شكل (٣ – ٤)

فعندما تكون المداخل A, B, C عند الحالة 0 أى لها جهود تقترب من 0V حينئذ فإن الترانزستور T_1 سيصبح منحازاً أمامياً، ويصبح هذا الترانزستور فى حالة تشبع. وبالتالى فإن جهد المجمع سيصبح مساوياً لجهد المداخل A, B, C ، أى قريبا من الصفر.

وحيث إن مجمع T_1 متصل بقاعدة T_2 لذا يصبح T_2 فى حالة قطع OFF ، وينتقل الجهد $+V_{CC}$ الذى يساوى +5V إلى المخرج output وتصبح حالة المخرج عالية أى (1) وجهده يقترب من +5V.

وعندما تكون المداخل A,B,C عند الحالة المنطقية (1) أى عند جهد يقترب من +5V حينئذ يصبح T_1 فى حالة قطع، وبالتالى يصبح جهده مجمعا مرتفعاً فيتحول الترانزستور T_1 لحالة التشبع ويصبح جهد المخرج out put يقترب من OV.

وهناك بعض التعبيرات الشائعة للجهود والتيارات للدوائر المتكاملة الرقمية أهمها:

١ - تيار الدخل العالى (I_{IH}): وهو تيار الدخل عندما تكون حالة إشارة الدخل عالية (1).

٢ - تيار الخرج العالى (I_{OH}) : وهو تيار الخرج عندما تكون حالة إشارة الخرج عالية (1).

٣ - تيار الدخل المنخفض (I_{IL}): وهو تيار الدخل عندما تكون حالة إشارة الدخل منخفضة (0).

٤ - تيار الخرج المنخفض (I_{OL}) : وهو تيار الخرج عندما تكون حالة إشارة الخرج منخفضة (0).

٥ - جهد المصدر (V_{CC}) : وهو جهد منبع التيار المستمر ،الذى تعمل عنده الدائرة المتكاملة.

٦ - جهد إشارة الدخل العالية (V_{IH}): وهو قيمة جهد إشارة الدخل الذى تتعامل معه الدائرة المتكاملة على أنه إشارة منطقية عالية.

٧ - جهد إشارة الخرج العالية (V_{OH}): وهو قيمة جهد إشارة الخرج للدائرة المتكاملة عند الحالة المنطقية العالية (1).

٨ - جهد إشارة الدخل المنخفضة (V_{IL}): وهو قيمة جهد إشارة الدخل التى تتعامل معه الدائرة المتكاملة كحالة منطقية منخفضة (0).

٩ - جهد إشارة الخرج المنخفضة (V_{OL}) : وهو أعلى قيمة لجهد المخرج عند الحالة المنخفضة (0).

١٠ - تأخير الانتشار Propagation delay time (tp): وهو الزمن المار من لحظة حدوث تغير فى المداخل للحظة حدوث تغير فى حالة المخارج ووحدته نانوثانية.

١١ - القدرة المستهلكة فى البوابة Pd وتحسب بالملى وات (mw).

والجدول (٣ - ١) يبين مقارنة بين السلاسل المختلفة لعائلة TTL.

الجدول (٣ - ١)

وجه المقارنة	7400	74H..	74L..	74LS..	74S..
V_{CC} min (V)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
V_{CC} max (V)	5.5	5.0	5.5	5.5	5.5
V_{IL} (V)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
V_{IH} (V)	2	2	2	2	2
V_{OH} (V)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
V_{OH} (V)	2.4	2.4	2.4	2.7	2.7
I_{IL} (mA)	- 1.6	- 2	- 0.18	- 0.36	- 2
I_{IH} (μA)	40	50	10	20	50
I_{OL} (mA)	16	20	3.6	8	20
I_{OH} (mA)	- 0.4	- 0.5	- 0.2	- 0.4	- 1
tp (nS)	10	6	33	10	3
Pd(mw)	10	22	1	2	19

علماً بأن الإشارة السالبة للتيار تعنى دخول التيار إلى الدائرة المتكاملة والإشارة الموجبة تعنى خروج التيار من الدائرة المتكاملة.

٣ / ٢ / ٢ - المخارج المختلفة للبوابات المنطقية (عائلة TTL):

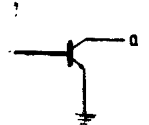
توجد ثلاث صور مختلفة لخرج البوابات المنطقية للدوائر المتكاملة TTL، بغض النظر عن نوع السلسلة الفرعية وهى كما يلى:

١ - خرج مجمع مفتوح Open-Collector output

٢ - خرج ذات القطب الرمزى Totem-pole output

٣ - خرج بثلاث حالات Three-State output

أولاً: خرج المجمع المفتوح:

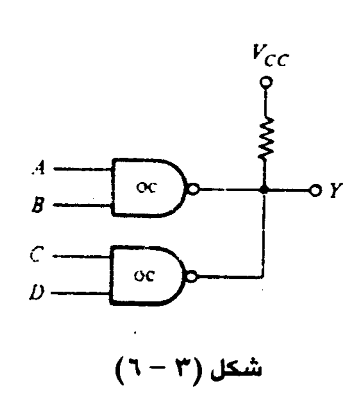


شكل (٣ - ٥)

الشكل (٣ - ٥) يبين شكل خرج المجمع المفتوح، ويتميز هذا النوع من المخارج بالسمات التالية:

١ - إذا لم يوصل هذا المخرج بجهد المصدر Vcc من خلال مقاومة R_L فإن قيمة الخرج ستساوى 0V، بغض النظر عن حالة مداخل الدائرة المتكاملة.

٢ - يمكن توصيل هذا المخرج بجهد آخر غير جهد المصدر المستخدم فى تغذية الدائرة المتكاملة. على سبيل المثال: يمكن توصيل هذا المخرج بجهد يساوى +12V، وبذلك يمكن تغيير مستوى الجهد المنطقى للدائرة المتكاملة من 5V لأى جهد آخر تبعًا لقيمة الجهد المتصل بالمجمع المفتوح.



شكل (٣ - ٦)

٣ - يمكن توصيل مجموعة من المخارج المفتوحة على التوازى معًا. فمثلا: يمكن توصيل مخارج بوابتين NAND بالتوازى معًا، مع استخدام مقاومة 5KΩ توصل مع جهد المصدر Vcc كما هو مبين بالشكل (٣ - ٦) ويكون خرج البوابتين مكافئا لخرج بوابة OR بمدخلين هما خرج بوابتين NAND ذات المجمع المفتوح.

وتختلف قيمة مقاومة الجذب Pull up Resistance والتى توصل مع المجمع المفتوح مع جهد المصدر Vcc باختلاف عدد المخارج ذات المجمع المفتوح الموصلة على التوازى n، وكذلك عدد المداخل التى توصل بالمجمع المفتوح على التوازى N.

والجدول (٣ - ٢) يبين مقاومة الجذب العظمى والصغرى لأعداد مختلفة من عدد المخارج ذات المجمع المفتوح المتوازية n وأعداد مختلفة من مداخل البوابات الأخرى الموصلة بالتوازى مع مخرج البوابة ذات المجمع المفتوح N.

الجدول (٣ - ٢)

R max (Ω) at n =								R min (Ω) at n = 1...7
N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	
1	8965	4814	3291	2500	2015	1688	1452	319
2	7878	4482	3132	2407	1954	1645	1420	359
3	7027	4193	2988	2321	1897	1604	1390	410
4	6341	3939	2857	2241	1843	1566	1361	479
5	5777	3714	2736	2166	1793	1529	1333	575
6	5306	3513	2626	2096	1744	1494	1306	718
7	4905	3333	2524	2031	1699	1460	1280	958
8	4561	3170	2419	1969	1656			1437
9	4262	3023		غير مسموح به				2875
10	4000							4000

مثـــال:

الشكل (٣ – ٧) يبـين طريقـة توصـيل مـجـمـوعـة من المخـارج ذات المجـمـعـات المفتوحة معًا بالتوازى.

حيث إن عدد مخارج المجمعات المفتوحة الموصلة على التوازى تساوى: n = 4
وعدد المداخل الموصلة على التوازى تساوى: N=3

ومن الجدول (٣ - ٢) فإن:

$R_{Lmax} = 2321\ \Omega$

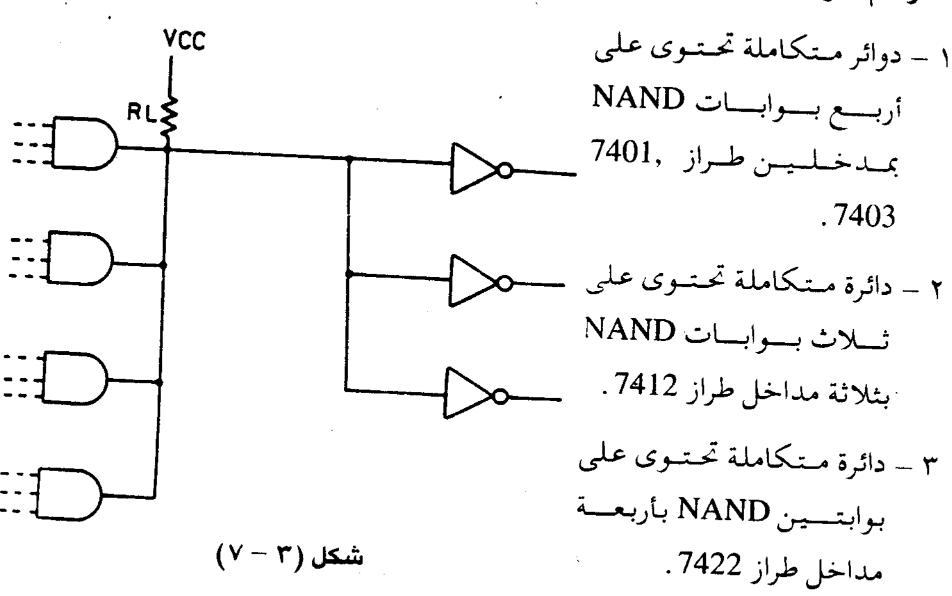
$R_{Lmin} = 410\ \Omega$

أى أن:

$410\Omega \le R_L \le 2321\ \Omega$

ويمكن اختيارها فى هذه الحالة 2kΩ:

وأهم البوابات التى لها مجمع مفتوح OC هى :



شكل (٣ - ٧)

١ - دوائر متكاملة تحتوى على أربع بوابات NAND بمدخلين طراز 7401, 7403.

٢ - دائرة متكاملة تحتوى على ثلاث بوابات NAND بثلاثة مداخل طراز 7412.

٣ - دائرة متكاملة تحتوى على بوابتين NAND بأربعة مداخل طراز 7422.

٤ - دائرة متكاملة بأربع بوابات NOR بمدخلين طراز 7433.

٥ - دائرة متكاملة بستة عواكس طراز 7405.

٦ - دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات AND بمدخلين 7409.

ثانيًا : المخرج ذات القطب الرمزى Totem pole output :

الشكل (٣ - ٨) يبين شكل خرج المجمع ذات القطب الرمزى، علمًا بأن هذا النوع من المخارج هو الأكثر انتشاراً. وفيما يلى الخواص الفنية لهذا المخرج:

شكل (٣ - ٨)

١ - سرعة آداء عالية عن المخرج ذات المجمع المفتوح.

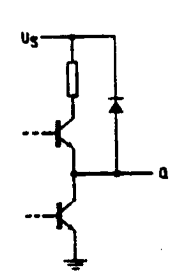
٢ - لهذا المخرج حالتان فقط عالية ومنخفضة.

٣ - لا يحتاج لتوصيل خارجى لجهد المصدر، كما هو الحال فى المخرج ذات المجمع المفتوح.

٤ - لا يمكن تغيير مستوى الجهود المنطقى لهذا المخرج عن (0,5V).

٥ – لا يمكن توصيل عدة مخارج لعدة بوابات مباشرة، كما هو الحال فى المخرج ذات المجمع المفتوح.

ثالثًا : المخرج ذات الحالات الثلاثة Tristate out put :



شكل (٣ – ٩)

الشكل (٣ – ٩) يوضح شكل خرج ذات الحالات الثلاثة : وفيما يلى مواصفات هذا المخرج:

١ – لا يحتاج لتوصيل خارجي لجهد المصدر كما هو الحال فى المخرج ذات المجمع المفتوح.

٢ – لهذا المخرج ثلاث حالات وهى : عالٍ (5V +) ومنخفض (0V) ومقاومة عالية جداً (Z).

٣ – يمكن توصيل أكثر من مخرج بالتوازى كما هو الحال فى المخرج ذات المجمع المفتوح، بشرط أن تكون كل المخارج فى الحالة الثالثة (لها مقاومة كبيرة جداً) عدا مخرج واحد تكون حالته منخفضة أو عالية.

٣ / ٢ / ٣ – الدوائر المتكاملة الرقمية (عائلة CMOS) :

تستخدم ترانزستورات MOSFET بقناة N وبقناة P فى بناء الدوائر المتكاملة CMOS ، وتمتاز هذه الدوائر بمدى كبير لجهد الدخل وباستهلاكها الصغير جداً للطاقة والمدى الحرارى الكبير.

وتوجد عدة سلاسل أساسية تندرج تحت عائلة CMOS مثل:سلسلة ..CD400، ..CD45 سلسلة ..54C، سلسلة ..74C .

والجدير بالذكر أن سلسلة ..74C تتشابه مع سلسلة ..74 لعائلة TTL فى ترتيب الأرجل وفى وظائف جميع الدوائر المتكاملة لهذه السلسلة.

والجدول (٣ – ٣) يعقد مقارنة بين الخواص الفنية للسلاسل الأساسية لعائلة CMOS .

الجدول (٣ - ٣)

وجه المقارنة		54C.. / 74C..	CD40.. / CD45..
V_{DD}	(V)	5 / 10	5 / 10V
V_{OL} max	(V)	0.5 / 1.0	0.05 / 0.05
V_{OH} min	(V)	4.5 / 9.0	4.95 / 9.95
T_{OL}	(mA)	0.36 / 0.01	0.3 / 0.9
I_{OH}	(mA)	- 0.01 / - 0.01	- 0.36 / - 0.9
P_{diss}	(μw)	10 / 30	10 / 30

حيث إن :

جهد المصدر V_{DD}

القدرة المستهلكة P_{diss}

جهد الخرج المنخفض الأقصى V_{OL} max

جهد الخرج المرتفع الأدنى V_{OH} min

تيار الخرج المنخفض I_{OL}

تيار الخرج المرتفع I_{OH}

ويلاحظ وجود قيمتين لكل حالة باعتبار أن جهد المصدر V_{DD} يساوى 5V+ مرة، ويساوى 10V + مرة، فمثلاً : جهد الخرج المنخفض الأقصى V_{OLmax} يساوى 0.5V عندما يكون جهد المصدر 5V ، ويساوى 1.0V عندما يكون جهد المصدر 10V وذلك لسلسلة ..54C../74C، فى حين يساوى 0.05V عندما يكون جهد المصدر 5V أو 10V وذلك لسلسلة ..CD40 وأيضاً سلسلة ..CD45 .

ويعاب على دوائر CMOS المتكاملة بصفة عامة ما يلى :

١ - السرعة المنخفضة.

٢ – ضعف تيار المخرج.

٣ – ارتفاع سعرها.

٤ – تحتاج لمعاملة خاصة أثناء تداولها واستخدامها.

وفيما يلى أهم الإرشادات التى تؤخذ فى الاعتبار عند التعامل مع دوائر CMOS المتكاملة:

– يجب تناول دوائر CMOS بحرص لمنع تراكم الشحنات الاستاتيكية عليها؛ لذلك يجب إبقاء الدائرة المتكاملة فى غلافها العازل التى تباع به إلى أن يتم وضعها فى الدائرة.

– يجب توصيل كل المداخل غير المستعملة بأحد طرفى المصدر الموجب أو السالب تبعًا للدائرة.

– التأكد أن الدائرة موصلة بالطريقة الصحيحة خصوصًا التأكد من توصيل الجهد الموجب للمصدر مع V_{DD} والجهد السالب للمصدر مع V_{SS}؛ وذلك لمنع انهيار الدائرة المتكاملة.

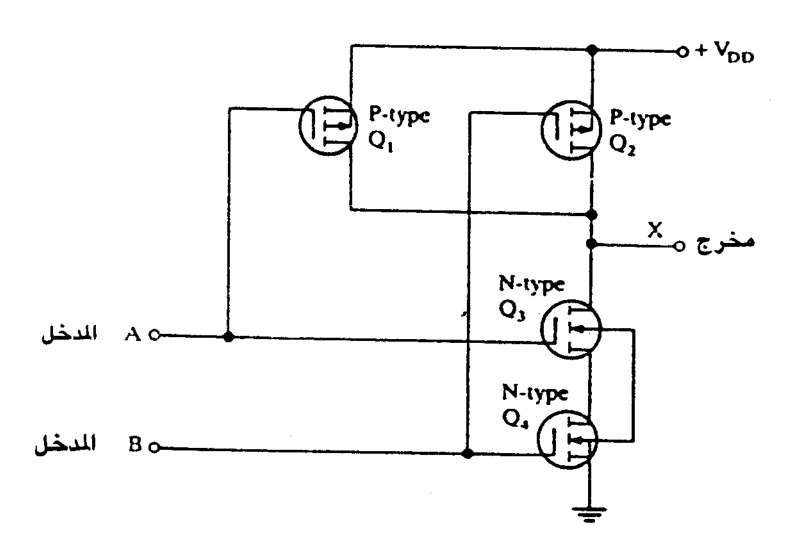
ونتيجة لهذه العيوب فإن دوائر CMOS لا يمكن استخدامها فى جميع التطبيقات.

والشكل (٣ – ١٠) يبين التركيب الداخلى لبوابة NAND تندرج تحت عائلة CMOS.

ويلاحظ أن Q_2 و Q_1 موصلان بالتوازى، فى حين أن Q_3, Q_4 موصلان بالتوالى.

والجدول (٣ – ٤) يبين نظرية عمل هذه الدائرة. حيث إن:

قطع OFF وصل ON

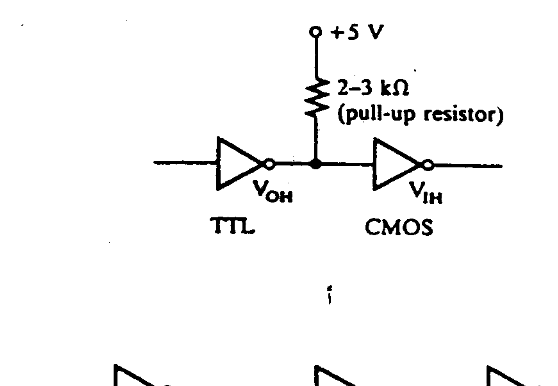


شكل (٣ – ١٠)

الجدول (٣ – ٤)

المدخل A	المدخل B	المخرج Output	Q1	Q2	Q3	Q4
0	0	1	ON	ON	OFF	OFF
0	1	1	ON	OFF	OFF	ON
1	0	1	OFF	ON	ON	OFF
1	1	0	OFF	OFF	ON	ON

والجدير بالذكر أنه يمكن عمل توافق بين عائلة TTL وعائلة CMOS . فيمكن نقل إشارة من بوابة TTL إلى بوابة CMOS باستخدام خرج مفتوح OC كما بالشكل (٣ – ١١أ)، ويمكن نقل إشارة من بوابة CMOS إلى بوابة TTL باستخدام بوابة عزل buffer gate طراز CD4050، حيث إن الحالة المنطقية لدخلها يكافئ الحالة المنطقية لخرجها، وذلك كما بالشكل (٣ – ١١ب).



أ

ب

شكل (٣ – ١١)

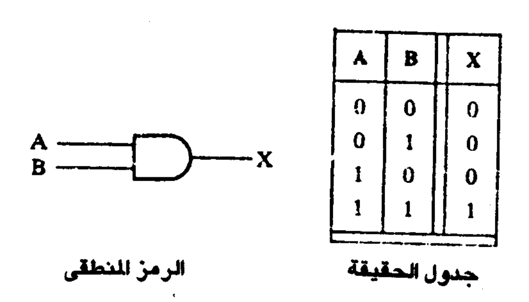
٣ / ٣ - البوابات المنطقية **Logic gates** :

البوابات المنطقية هى دوائر لها مجموعة مداخل (مدخل – مدخلان – ثلاثة مداخل – .... إلخ) ومخرج واحد، بحيث إن حالة مخرجها فى أى لحظة تعتمد على حالة مداخلها فى هذه اللحظة . ولفهم عمل البوابات المنطقية يستعان بجدول الحقيقة والذى يحتوى على جميع حالات المداخل المحتملة وحالة المخرج المقابل لكل احتمال . علمًا بأن الحالة المنخفضة للإشارات تعنى أن جهد الإشارة 0.2V وأن الحالة المرتفعة للإشارات تعنى أن جهد الإشارة 3.0V هذا بالنسبة لعائلة TTL، ويعتبر هذا على وجه التقريب .

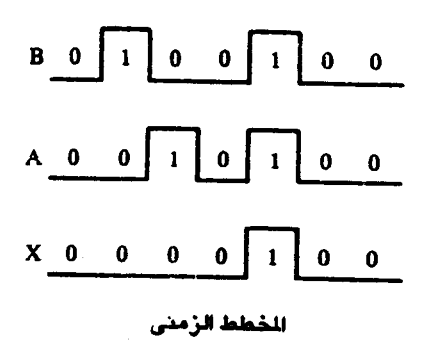
وسنتناول فى الفقرات القادمة البوابات المنطقية الأساسية والمشتقة .

٣ / ٣ / ١ - بوابة AND :

الشكل (٣ – ١٢) يبين رمز بوابة AND بمدخلين A,B، ولها مخرج واحد X ، وجدول الحقيقة Truth table لهذه البوابة، والمخطط الزمنى لهذه البوابة .



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



شكل (٣ - ١٢)

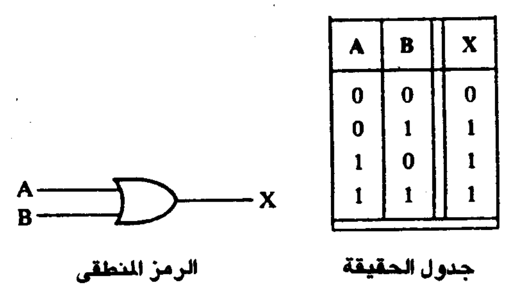
ويتضح من جدول الحقيقة أن خرج البوابة يكون عاليًا، أى حالته المنطقية (1) عندما تكون حالة مدخلى البوابة (1) .

ويمكن التعبير عن عملية AND لمدخلين بالمعادلة التالية :

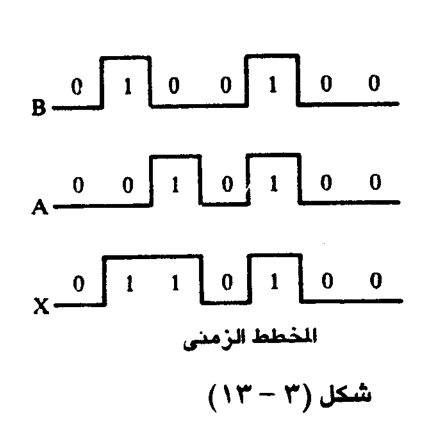
$$A.B = X \longrightarrow 3.1$$

وتنطق A (AND) B يساوى X

٣/٣/٢ - بوابة OR :



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



شكل (٣ - ١٣)

الشكل (٣ - ١٣) يبين الرمز المنطقى لبوابة OR بمدخلين A, B ، ولها مخرج واحد X، وجدول الحقيقة والمخطط الزمنى لهذه البوابة.

ويلاحظ من جدول الحقيقة أن خرج البوابة يكون عاليًا أى حالته المنطقية (1) عندما تكون حالة أحد مدخلى البوابة (1).

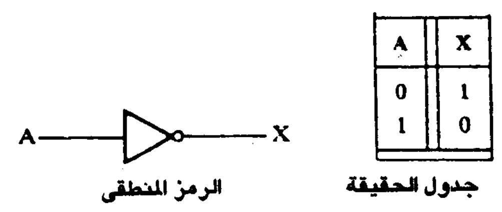
ويكون خرج البوابة منخفضا (0) عندما تكون حالة جميع مداخل البوابة (0).

ويمكن التعبير عن عملية OR لمدخلين بالمعادلة التالية:

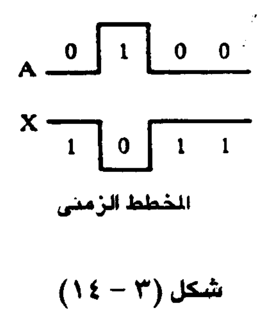
$$A + B = X \longrightarrow 3.2$$

وتنطق A (OR) B يساوى X

٣/٣/٣ - العاكس Inverter والعازل Buffer :



A	X
0	1
1	0



شكل (٣ - ١٤)

الشكل (٣ - ١٤) يبين الرمز المنطقى وجدول الحقيقة، والمخطط الزمنى للعاكس والذى يسمى أحيانًا بوابة NOT .

ويلاحظ من جدول الحقيقة أن خرج البوابة هو معكوس دخلها، فإذا كانت

حالة مدخل العاكس (0) فإن حالة مخرج العاكس سيساوى (1) ، وإذا كانت حالة مدخل العاكس (1) فإن حالة مخرج العاكس ستساوى (0) ويمكن التعبير عن عملية NOT بالمعادلة التالية، وتنطق X تساوى معكوس A :

$$X = \bar{A} \quad —— \quad 3.3$$

أما العازل والذى يسمى أحياناً بوابة Yes فتتشابه حالة مدخله ومخرجه وهو يستخدم لرفع مستوى التيار المتاح لتشغيل ترانزستور – ترياك – ثايرستور ويمكن بناء عازل من عاكسين بتوصيلهما على التوالى وفيما يلى رمز العازل.

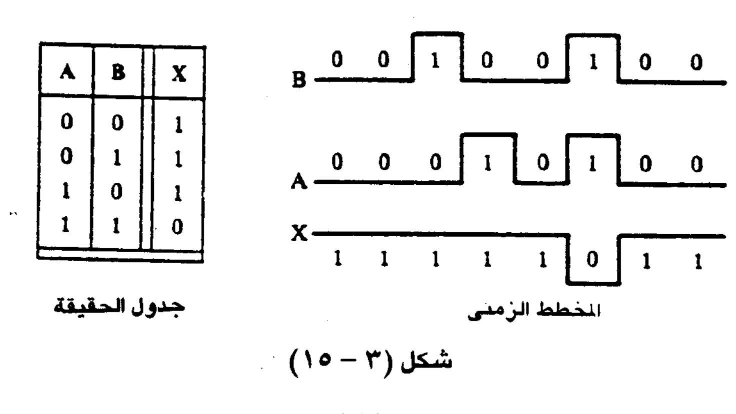


٣ / ٣ / ٤ - بوابة NAND:

وتبنى بوابة NAND من بوابتين وهما بوابة AND وبوابة NOT متصلتان تتابعياً. والشكل (٣ – ١٥) يبين رمز بوابة NAND بمدخلين: مختصر ومفصل، وكذلك جدول الحقيقة والمخطط الزمنى لهذه البوابة.

A B X (A B AND NOT X)

الرمز المختصر — الرمز المفصل



A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

جدول الحقيقة — المخطط الزمنى

شكل (٣ – ١٥)

ويلاحظ من جدول الحقيقة أن خرج البوابة يكون منخفضًا (0) فقط إذا كانت حالة مدخليها عالية (1) .

ويمكن التعبير عن عملية NAND بالمعادلة التالية :

$$X = \overline{A.B} \longrightarrow 3.4$$

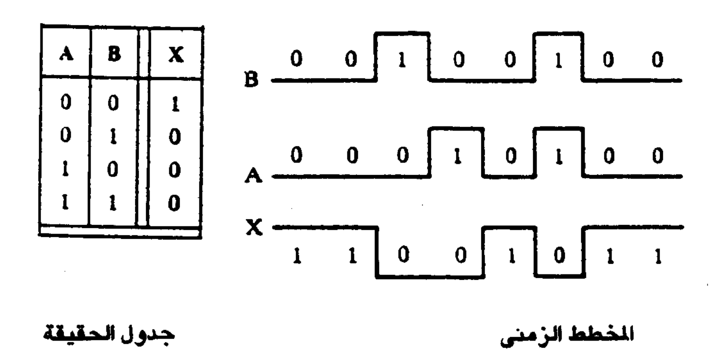
وتنطق X تساوى معكوس A (AND) B

٣/٣/٥ - بوابة NOR :

وتبنى بوابة NOR من بوابتين، وهما بوابة OR وبوابة NOT متصلتان تتابعيًا. والشكل (٣ – ١٦) يبين رمز بوابة NOR بمدخلين مختصر ومفصل، وكذلك جدول الحقيقة والمخطط الزمنى لهذه البوابة.

A B X — A B OR NOT X

الرمز المفصل — الرمز المختصر



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

المخطط الزمنى — جدول الحقيقة

شكل (٣ – ١٦)

ويلاحظ من جدول الحقيقة أن خرج هذه البوابة يكون عاليًا (1) عندما تكون حالة مدخلى البوابة منخفضة (0) .

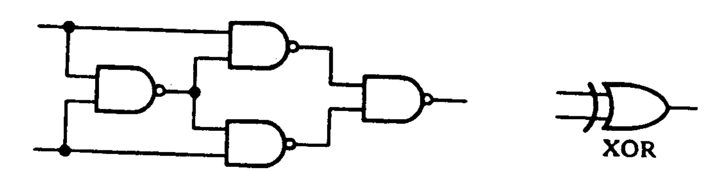
ويمكن التعبير عن عملية NOR بالمعادلة التالية :

$$X = \overline{A + B} \longrightarrow 3.5$$

وتنطق X تساوى معكوس A (OR) B

٣/٣/٦ - بوابة XOR :

يمكن بناء بوابة XOR ذات المدخلين من 4 بوابات NAND . والشكل (٣ - ١٧) يبين الرمز المختصر لبوابة XOR والدائرة المكافئة باستخدام 4 بوابات NAND.



شكل (٣ - ١٧)

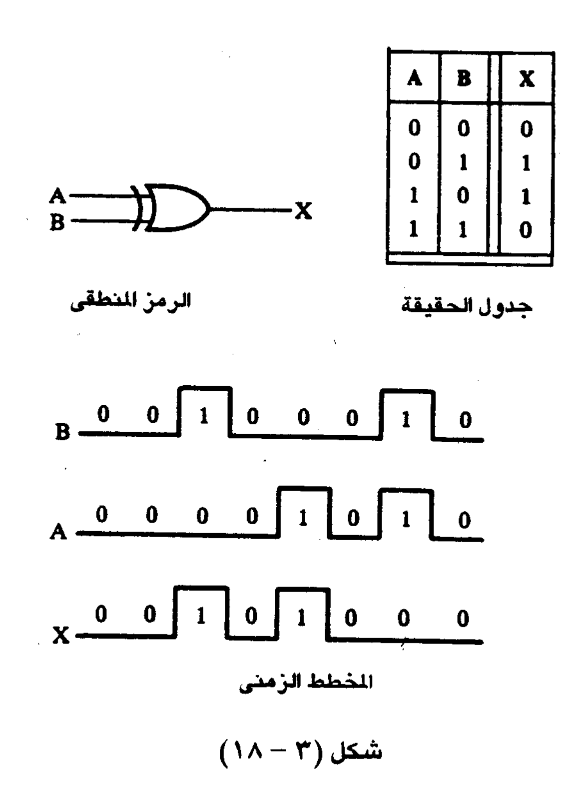
والشكل (٣ - ١٨) يبين رمز بوابة XOR بمدخلين A, B وبمخرج واحد X ، وكذلك جدول الحقيقة والمخطط الزمنى لهذه البوابة .

ويلاحظ من جدول الحقيقة أن خرج هذه البوابة يكون عاليًا (1) عندما تكون حالة أحد مدخليها عاليًا (1) .

ويمكن التعبير عن عملية XOR بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$X = A \oplus B \longrightarrow 3.6$$

$$X = A.\overline{B} + \overline{A}\,B \longrightarrow 3.7$$

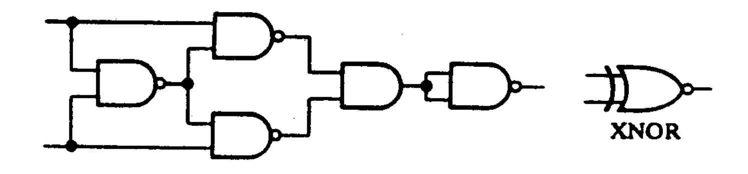


A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

شكل (٣ - ١٨)

٣ / ٣ / ٧ - بوابة XNOR :

يمكن بناء بوابة XNOR من أربع بوابات NAND وبوابة AND . والشكل (٣-١٩) يبين الرمز المختصر لبوابة XNOR والدائرة المكافئة باستخدام 4 بوابات NAND وبوابة AND .

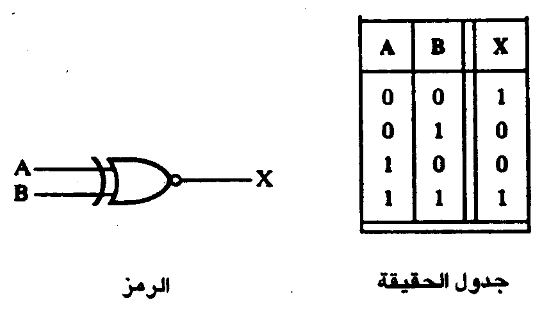


شكل (٣ - ١٩)

والشكل (٣ – ٢٠) يبين رمز بوابة XNOR بمدخلين A, B وبمخرج واحد X، وكذلك جدول الحقيقة والمخطط الزمنى لهذه البوابة.

ويلاحظ من جدول الحقيقة أن خرج هذه البوابة يكون منخفضًا (0) عندما يكون حالة أحد مداخلها مرتفعًا (1) .

ويمكن التعبير عن عملية XNOR بإحدى المعادلتين التاليتين :



A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الرمز　　　جدول الحقيقة

المخطط الزمنى

شكل (٣ – ٢٠)

$$X = A \oplus B \longrightarrow 3.8$$

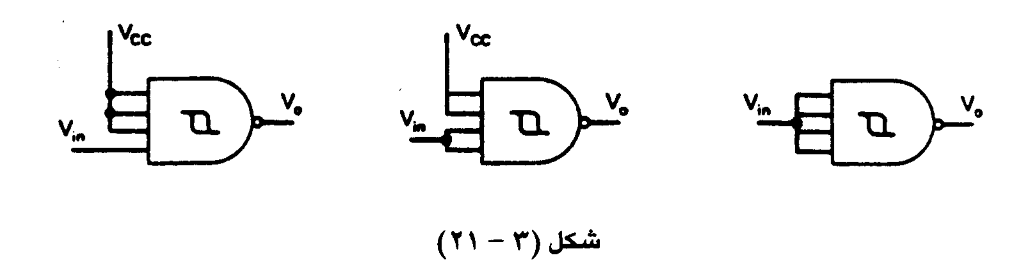
$$X = A.B + \overline{A}\,\overline{B} \longrightarrow 3.9$$

٣ / ٣ / ٨ - بوابات شميت للإشعال Schmitt - trigger gates :

أولاً : بوابة Schmitt NAND :

تتميز هذه البوابة بأنها تتعرف على Vin (جهد الدخل) كدخل عالٍ إذا كانت قيمته 1.7V أو أعلى، وتتعرف على Vin (جهد الدخل) كدخل منخفض إذا كانت قيمته 0.9V أو أقل. فى حين أن Vo (جهد الخرج) يكون قيمته 3.4V عندما يكون حالة الخرج عاليًا ويكون قيمته 0.9V عندما يكون حالة الخرج منخفضة.

والشكل (٣ – ٢١) يعرض ثلاث بوابات Schmitt NAND لها أربعة مداخل، بحيث يتم توصيل المداخل معًا بطرق مختلفة.



شكل (٣ - ٢١)

والشكل (٣ - ٢٢) يعرض شكل الموجة الداخلة Vin والموجة الخارجة Vo لبوابة Schmitt NAND المبينة بالشكل (٣ - ٢١) .

ويلاحظ أن جهد خرج البوابة Vo يساوى 3.3V عندما يكون جهد الدخل Vin أصغر من 1.7V وعندما يكون جهد الدخل Vin أكبر، أو يساوى 1.7V فإن خرج البوابة يساوى 0.2V. وتستمر حالة الخرج منخفضة إلى أن يصبح جهد الدخل Vin مساويًا 0.9V حينئذ يعود خرج البوابة مساويًا 3.3V وهكذا.

ويقال عادة: إن بوابة Schmitt NAND لها خواص رجوعية .Hystresis C/C .

والجدير بالذكر أنه يمكن الحصول على نفس الآداء باستخدام بوابة Schmitt NAND بمدخلين، بحيث يوصل أحد المدخلين بالجهد Vcc والمدخل الثانى بجهد الدخل Vin . أو يوصل المدخلين معًا بجهد الدخل Vin لتعمل كبوابة NOT.

ثانيًا: بوابة Schmitt NOT :

لا تختلف خواص هذه البوابة عن بوابة Schmitt NAND فى تعرفها على جهد الدخل.

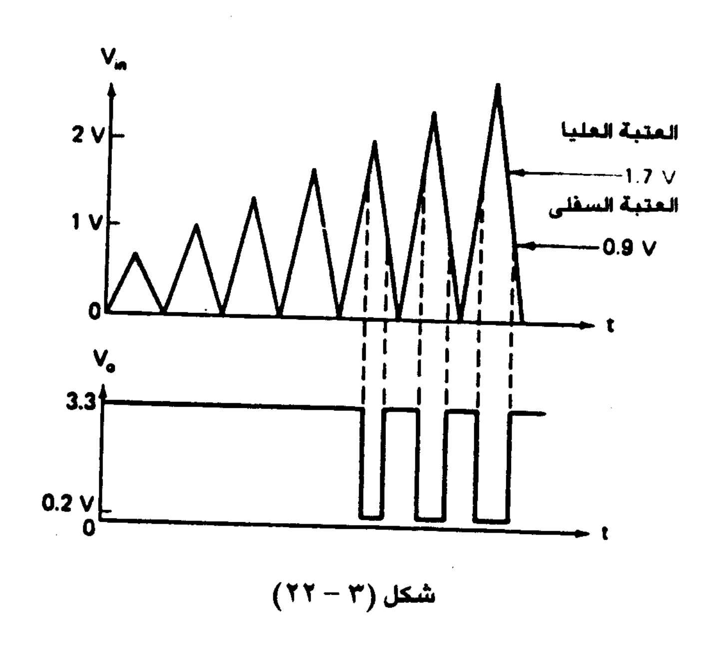
والشكل (٣ - ٢٢) يمكن الرجوع إليه لمعرفة العلاقة بين دخل وخرج بوابة Schmitt NOT . وتستخدم بوابات Schmitt NOT فى التطبيقات المبينة بالشكل (٣ - ٢٣) وهى كما يلى:

أ - تشكيل الموجات (الشكل أ).

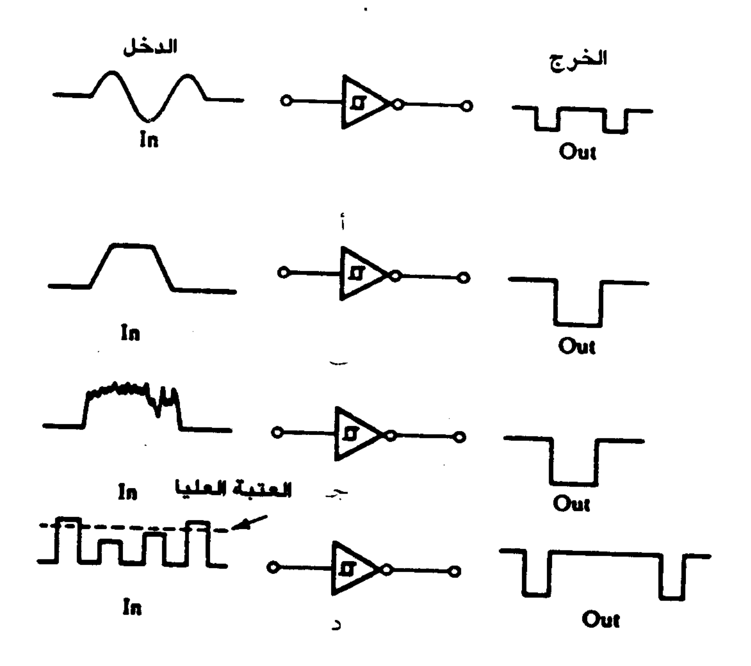
ب - تخزين نبضة (الشكل ب).

جـ - التخلص من الضوضاء (الشكل جـ).

د - اكتشاف جهد العتبة الأكبر من 1.7V (الشكل د).



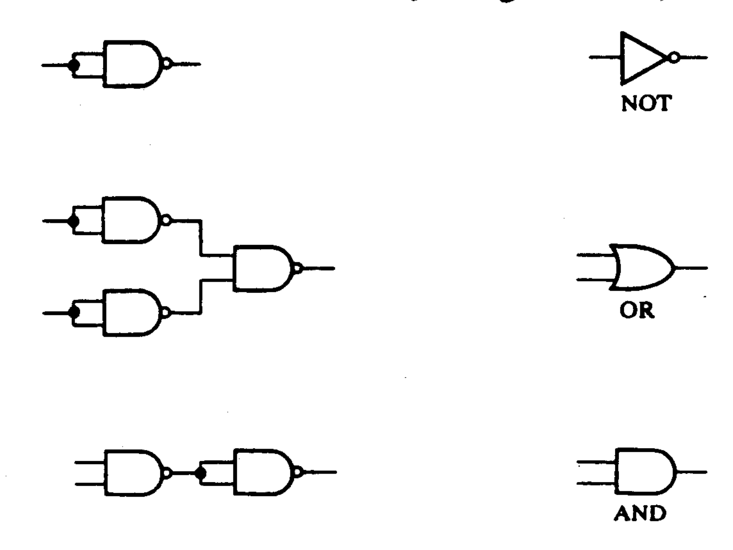
شكل (٣ – ٢٢)



شكل (٣ – ٢٣)

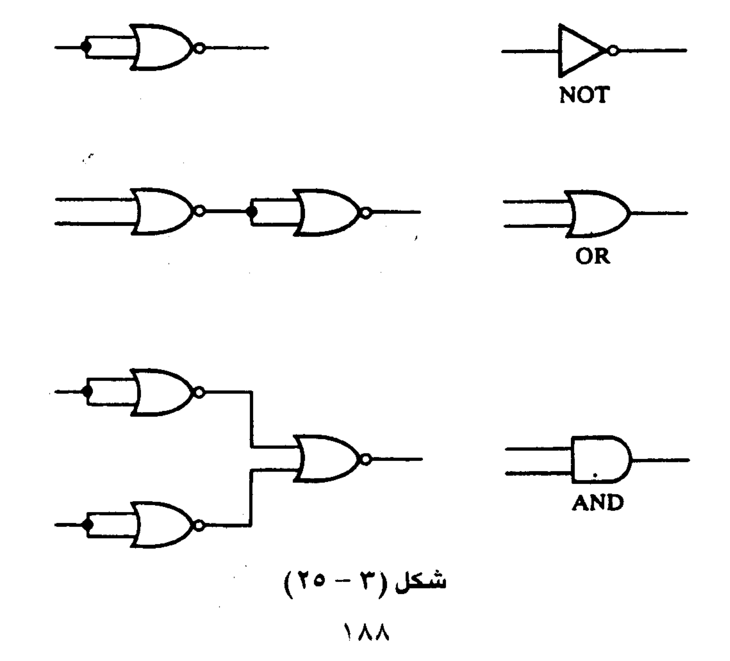
٣ / ٣ / ٩ - البوابات العامة The Universal Gates :

تسمى كل من بوابة NAND وبوابة NOR بالبوابات العامة؛ لأنه يمكن استخدام هذه البوابات فى بناء أى نوع من البوابات التى سبق ذكرها. والشكل (٣ - ٢٤) يبين طريقة استخدام بوابة NAND فى بناء البوابات الأساسية الثلاثية : NOT, AND, OR.



شكل (٣ - ٢٤)

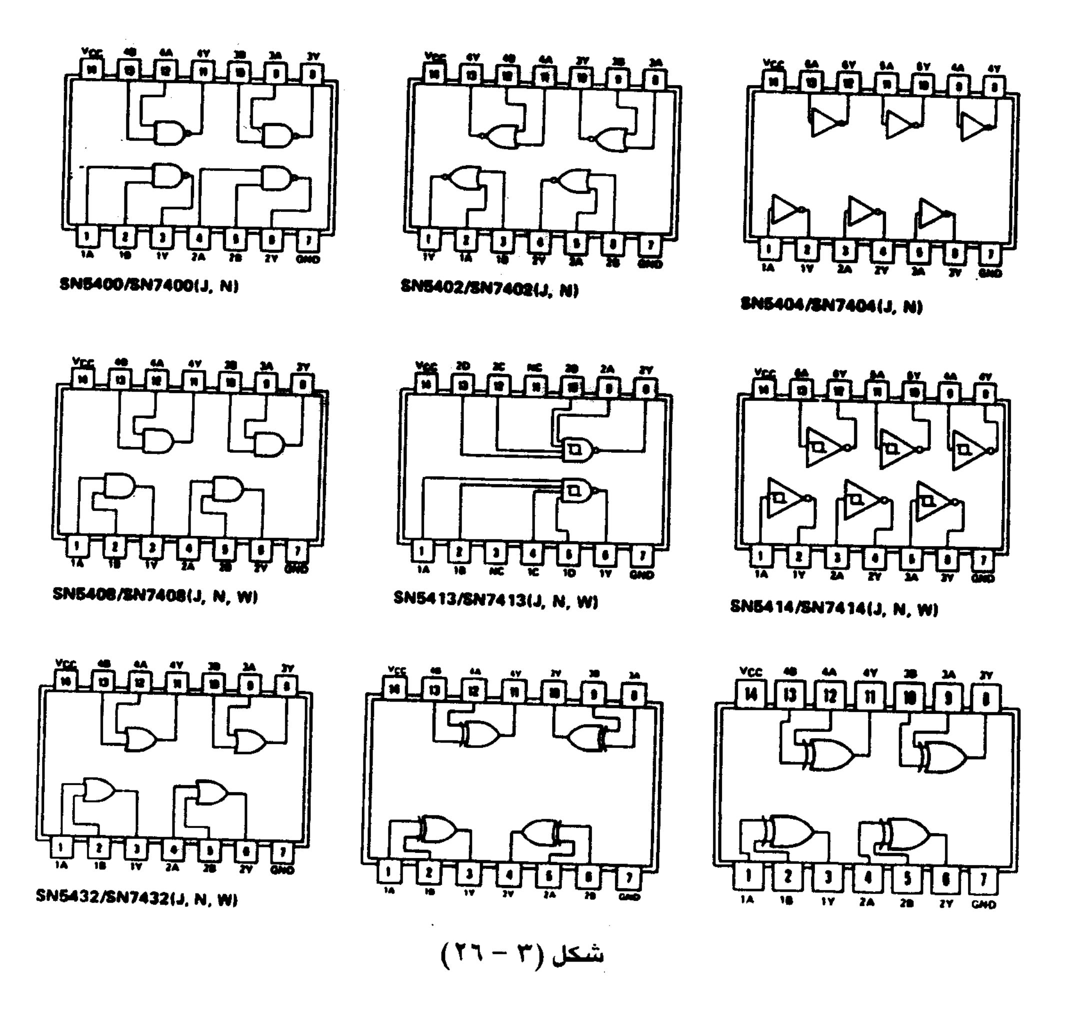
أما الشكل (٣ - ٢٥) فيبين طريقة استخدام بوابة NOR فى بناء البوابات الأساسية الثلاثة NOT, AND, OR



شكل (٣ - ٢٥)

٣ / ٣ / ١٠ – الدوائر المتكاملة للبوابات :

الشكل (٣ – ٢٦) يعرض المسقط الأفقى متضمنًا الرموز المنطقية لبعض الدوائر المتكاملة للبوابات المنطقية والتى تنتمى لعائلة TTL .

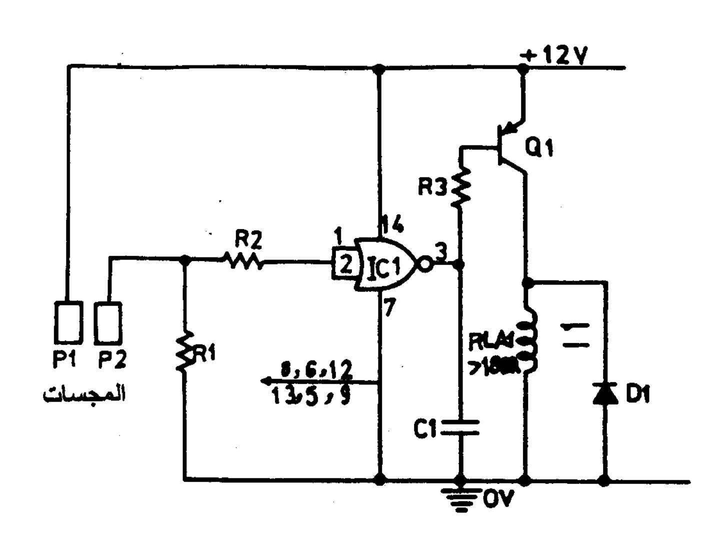


شكل (٣ – ٢٦)

وتوصل الرجل Vcc بمصدر جهد 5 V +، وتوصل الرجل GND بأرضى منبع التيار المستمر . ولتحديد أرقام الأرجل المختلفة للدائرة المتكاملة تمسك الدائرة المتكاملة باليد، بحيث يكون التجويف النصف دائرى الموجود فى أحد جانبيها جهة اليسار فتكون الرجل المواجهة لك جهة اليسار هى الرجل رقم 1، ويكون العد فى عكس اتجاه عقارب الساعة .

٣ / ٣ / ١١ - تطبيق (جهاز استشعار مستوى السوائل) :

الشكل (٣ - ٢٧) يعرض دائرة جهاز استشعار مستوى السائل، وتستخدم في التحكم في تشغيل وإيقاف محرك مضخة ملء خزان ماء.



شكل (٣ - ٢٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1M Ω	R_1
مقاومة كربونية 10 K Ω	R_2
مقاومة كربونية 10 K Ω	R_3
مكثف خزفي سعته 100 nf	C_1
ترانزستور PNP طراز 2 N 3906	Q_1
ثنائي سليكوني طراز 1 N 4001	D_1
دائرة متكاملة تحتوي على أربع بوابات NOR طراز 4001 B	IC_1
ريلاي يعمل عند جهد 12 V ومقاومته أكبر من 180 Ω	RLA

نظرية التشغيل:

عند وصول السائل لمستوى المجسات Probes يصبح دخل بوابة NOR طراز 4001 B والموصلة لكى تعمل كعاكس عاليًا، وبالتالى يصبح خرجها منخفضًا فيعمل Q_1، وبالتالى الريلاى RLA والذى يعمل على فصل التيار الكهربى عن محرك المضخة، فتتوقف المضخة وعند انخفاض مستوى السائل عن مستوى المجسات Probes فإن دخل العاكس المؤلف من بوابة NOR طراز 4001 B يصبح منخفضًا، وبالتالى يصبح خرج العاكس عاليًا فيتحول Q_1 لحالة القطع Cut off، وينقطع التيار الكهربى عن ملف الريلاى RLA فتنعكس حالة ريش هذا الريلاى لتغلق ريشه المفتوحة وتفتح ريشه المغلقة ليعود التيار الكهربى لمحرك المضخة لتدور المضخة من جديد.

٣ / ٤ – القلابات Flip Flops:

تسمى معظم القلابات بالعناصر ثنائية الاستقرار، ولهذه العناصر حالتان إما عالية أو منخفضة 0. وتمثل هذه العناصر نوعًا بسيطًا من أنواع الذاكرة، وذلك لأن حالة خرجها فى أى لحظة يتجدد بحالة آخر إشارة دخل وصلت لها. وسنتناول فى الفقرات القادمة أهم القلابات.

٣ / ٤ / ١ – القلاب R-S Flip FLOP:

الشكل (٣ – ٢٨) يبين رمز وجدول الحقيقة قلاب نوع R-S.

وللقلاب R-S مدخلان، وهما مدخل الإمساك S (Set) ومدخل التحرير (R) Reset. ومخرجان. وهما المخرج Q ومعكوسه $\bar{Q}$.

ويلاحظ من جدول الحقيقة أنه عندما تكون حالة المدخل S مساوية (1) فإن حالة المخرج Q تساوى (1) وحالة $\bar{Q}$ تساوى (0). ويبقى الوضع هكذا حتى عند عودة حالة المدخل S للصفر إلى أن تصبح حالة المدخل R مساوية (1).

الرمز

جدول الحقيقة

S (set)	R (reset)	Q	$\bar{Q}$
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	تستبعد	

شكل (٣ – ٢٨)

حينئذ تنعكس حالة المخارج فتصبح حالة Q مساوية (1) وحالة $\bar{Q}$ مساوية (0). وتظل حالة المخارج كما هى إلى أن تصبح حالة S مساوية (1) وهكذا. وهناك حالة يجب أن تستبعد عندما تصبح حالة كلا من R, S مساوية (1) لأن حالة المخرج Q والمخرج $\bar{Q}$ ستصبح غير محددة.

والجدير بالذكر أنه يمكن بناء قلاب R-S باستخدام بوابتين NOR أو بوابتين NAND كما هو مبين بالشكل (٣ – ٢٩) فباستخدام بوابتين NAND يمكن بناء قلاب R-S يعمل عند الحالة المنخفضة للمداخل $\bar{S}, \bar{R}$.

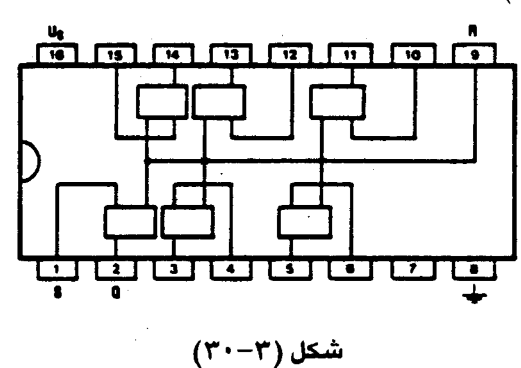
وباستخدام بوابتين NOR يمكن بناء قلاب R-S يعمل عند الحالة العالية للمداخل S, R.

علمًا بأن $\bar{S}$ تعنى معكوس مدخل الإمساك Set أما $\bar{R}$ فتعنى معكوس مدخل التحرير Reset. فعند وصول إشارة منخفضة للمدخل $\bar{S}$ للقلاب (R-S) الذى يتألف من بوابتين NAND يحدث إمساك للمخرج Q فتصبح حالة المخرج Q عالية (1) وحالة المخرج $\bar{Q}$ منخفضة (0).

شكل (٣–٢٩)

وعند وصول إشارة منخفضة للمدخل $\bar{R}$ للقلاب الذى يتألف من بوابتين NAND يحدث تحرير للمخرج Q، أى تصبح حالة المخرج Q منخفضة (0) وحالة المخرج $\bar{Q}$ عالية (1).

أما القلاب الذى يتألف من بوابتين NOR فلا يختلف تشغيله عن القلاب المبين بالشكل (٣ – ٢٤).



شكل (٣–٣٠)

والشكل (٣ – ٣٠) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 7418 والتى تحتوى على ستة قلابات R-S ، ولها مدخل واحد للتحرير R ومخرج واحد لكل قلاب Q .

٣ / ٤ / ٢ – القلاب D Flip Flop :

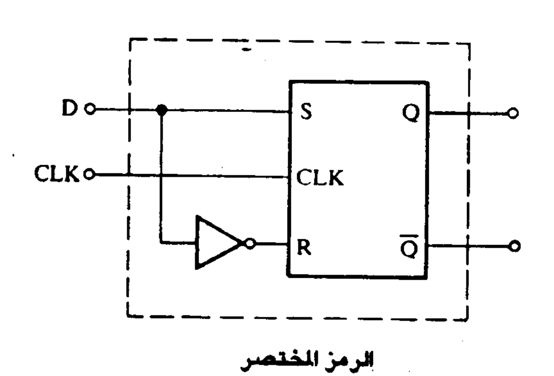
صمم هذا النوع من القلابات للتغلب على المشكلة التى ظهرت فى القلاب S-R، والتى تتمثل فى أنه عندما تكون حالة كل من المدخلين S, R عالية أى (1) منطقى فإن المخرج يكون غير محدد .

وتم التغلب على ذلك فى القلاب D بالتأكد من أن R,S يتمم كل منهما الآخر، أى أن حالة أحدهما هو معكوس حالة المدخل الآخر .

والشكل (٣– ٣١) يعرض رمز قلاب D المختصر، ورمز قلاب D المفصل، و جدول الحقيقة للقلاب .

ويلاحظ أن القلاب D يتكون من قلاب R-S وبوابتين AND وبوابة NOT . ولهذا القلاب مدخلان، وهما مدخل البيانات Data (D) ومدخل نبضات الساعة Clock (clk)، وله مخرجان، وهما المخرج Q ومعكوسه $\bar{Q}$.

الرمز المفصل



الرمز المختصر

جدول الحقيقة

CLK	D	Q	$\bar{Q}$
L	X	P.S.	P.S.
H	H	H	L
H	L	L	H

شكل (٣ – ٣١)

نظرية عمل القلاب D :

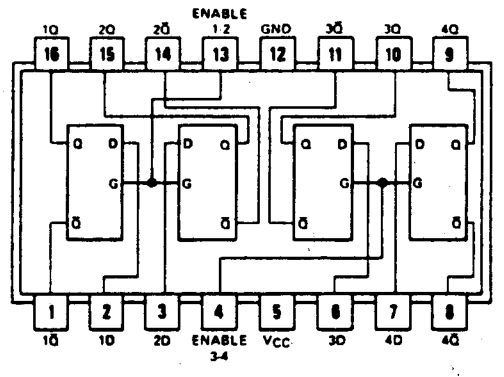
١ – عندما تكون حالة مدخل النبضات (CLK) منخفضة (L) وعند أى حالة (X) للمدخل D فإن حالة المخرجين تكون الحالة السابقة لهما (PS) .

٢ – عندما تكون حالة مدخل النبضات (CLK) عالية (H) وحالة المدخل D عالية (H) فإن حالة المخرج Q تصبح عالية (H) وحالة معكوس المخرج $\overline{Q}$ تصبح منخفضة (L) .

٣ – عندما تكون حالة مدخل النبضات CLK عالية (H) وحالة المدخل D منخفضة (L) فإن حالة المخرج Q تصبح منخفضة (L) وحالة معكوس المخرج $\overline{Q}$ مرتفعة (H) .

والشكل (٣ – ٣٢) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 7475 التى تحتوى على أربعة قلابات D وكذلك جدول الحقيقة لقلاب واحد، علمًا بأن لكل قلابين مدخل واحد لنبضات الساعة G ولكل قلاب مخرج ومعكوسه $\overline{Q}$,Q. والرجل 5 توصل بالجهد الموجب للمنبع Vcc + والرجل 12 توصل بأرضى المنبع .

والجدير بالذكر أن نظرية عمل قلابات هذه الدائرة المتكاملة لا تختلف عن نظرية عمل القلاب D السابق شرحها .



المسقط الأفقى

شكل (٣ – ٣٢)

عندما تكون حالة المدخل D منخفضة (L) ومدخل نبضات الساعة G عاليًا (H) فإن حالة المخرج Q تصبح منخفضة (L) وعندما تكون حالة المدخل D عالية (H) ومدخل نبضات الساعة G عالية (H) فإن حالة المخرج Q تصبح عالية (H) . وعندما تكون حالة المدخل D

منخفضة أو عالية (X) وحالة مدخل نبضات الساعة G منخفضة (L) فإن حالة المخرج Q هى الحالة السابقة له Qo.

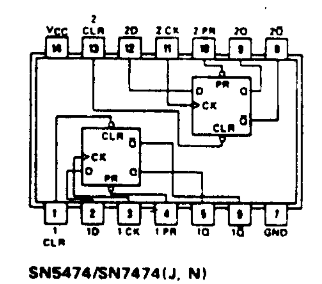
وبالطبع فإن حالة المخرج $\bar{Q}$ هى معكوس حالة المخرج Q.

ويوجد نموذج آخر للقلاب D مزود بمدخلين إضافيين، وهما مدخل الإمساك Preset ومدخل التحرير Clear.

والشكل (٣ - ٣٣) يبين المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 7474، والتى تحتوى على قلابين D لكل قلاب أربعة مداخل وكذلك جدول الحقيقة.

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	D	Q	$\bar{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	$\bar{Q}_0$



SN5474/SN7474(J, N)

شكل (٣ - ٣٣)

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 7474 :

تسمى الثلاث حالات الأولى من جدول الحقيقة بحالات التشغيل غير المتزامن للقلاب D والحالتان الرابعة والخامسة تسمى بحالات التشغيل المتزامن للقلاب D.

١ - التشغيل غير المتزامن للقلاب D :

ويحدث عندما تكون حالة أحد المدخلين Preset, Clear منخفضة (L) أو كلاهما حالته منخفضة (L)، ويعمل القلاب كقلاب R-S، حيث إن Preset تمثل معكوس مدخل الإمساك $\bar{S}$، وأما Clear فتمثل معكوس مدخل التحرير $\bar{R}$. فعندما تكون حالة Preset منخفضة (L) تصبح Q عالية (H).

وعندما تكون حالة المدخل Clear منخفضة (L) تصبح حالة $\bar{Q}$ عالية (H)، وعندما تصبح حالة المدخلين Preset, clear منخفضة (L) فإن حالة مخرج القلاب $Q,\bar{Q}$ تكون غير محددة ويجب أن تستبعد .

٢ - التشغيل المتزامن للقلاب D :

ويحدث عندما تكون حالة المدخلين preset, Clear عالية (H) . وتصل نبضات لمدخل النبضات Clock . فعند وصول نبضة لمدخل النبضات وعند الحافة الموجبة (العالية) أى الانتقال من منخفض لعالى تنتقل حالة مدخل البيانات D للمخرج Q .

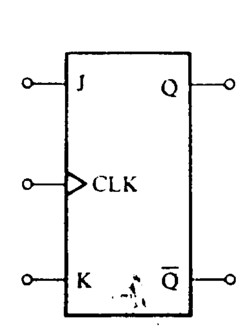
٣ - ثبات حالة مخارج القلاب D :

عندما تكون حالة المدخلين Preset, Clear عالية (H) وحالة مدخل النبضات Clock منخفضة (L) .

والجدير بالذكر أن القلاب D يستخدم عادة فى تقليل تردد موجة مربعة للنصف . فعندما تكون حالة كل من المدخلين Preset, Clear عالية (H) ودخلت موجة مربعة لمدخل النبضات Clock فإن خرج القلاب D على المخرج Q هو نصف تردد الموجة الداخلة .

٣ / ٤ / ٣ - القلاب JK J - K Flip Flop :

الشكل (٣ - ٣٤) يعرض رمز القلاب J-K وجدول الحقيقة له . ويلاحظ أن لهذا القلاب ثلاثة مداخل وهى : J, K, clk . وله مخرجان، وهما $Q, \bar{Q}$.



CLK	J	K	Q	$\bar{Q}$
0	X	X	N.C.	N.C.
1	X	X	N.C.	N.C.
↓	X	X	N.C.	N.C.
↑	0	0	N.C.	N.C.
↑	0	1	0	1
↑	1	0	1	0
↑	1	1	Toggle	

N.C. = no change
X = doesn't matter

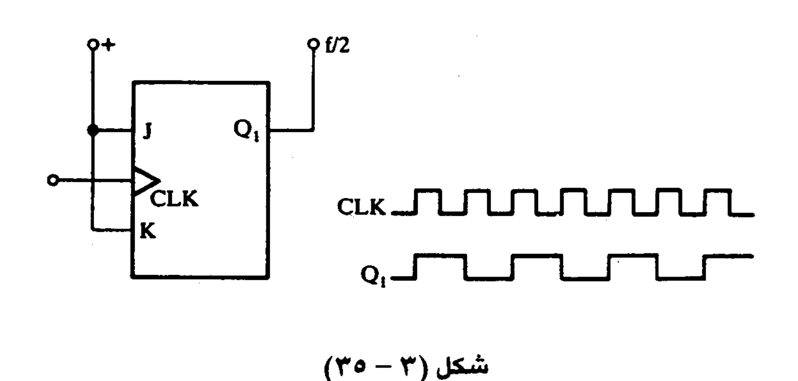
شكل (٣ - ٣٤)

نظرية تشغيل القلاب J-k:

١- لا تتغير حالة المخارج Q ، $\overline{Q}$ إلا عند الحافة الصاعدة للنبضات التى تصل إلى المدخل clk وتكون حالة أحد المدخلين J,K عالية، حيث تنتقل حالة المدخل J للمخرج Q وحالة المدخل K للمخرج $\overline{Q}$.

٢- عندما تكون حالة المدخل J والمدخل K عالية (1) يعمل القلاب على تنصيف تردد الموجة التى تدخل لمدخل النبضات clk وتسمى هذه الحالة Toggle.

والشكل (٣ - ٣٥) يوضح حالة Toggle أى عمل القلاب كمنصف للتردد.

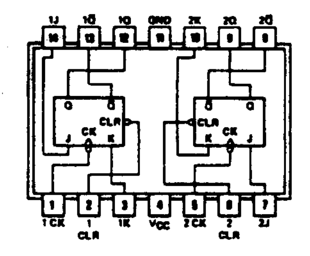


شكل (٣ - ٣٥)

والشكل (٣ - ٣٦) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 7473 والتى تحتوى على قلابين J-K وجدول الحقيقة لها.

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
CLEAR	CLOCK	J	K	Q	$\overline{Q}$
L	X	X	X	L	H
H	⊓	L	L	Q_0	$\overline{Q}_0$
H	⊓	H	L	H	L
H	⊓	L	H	L	H
H	⊓	H	H	TOGGLE	



SN5473/SN7473(J, N, W)

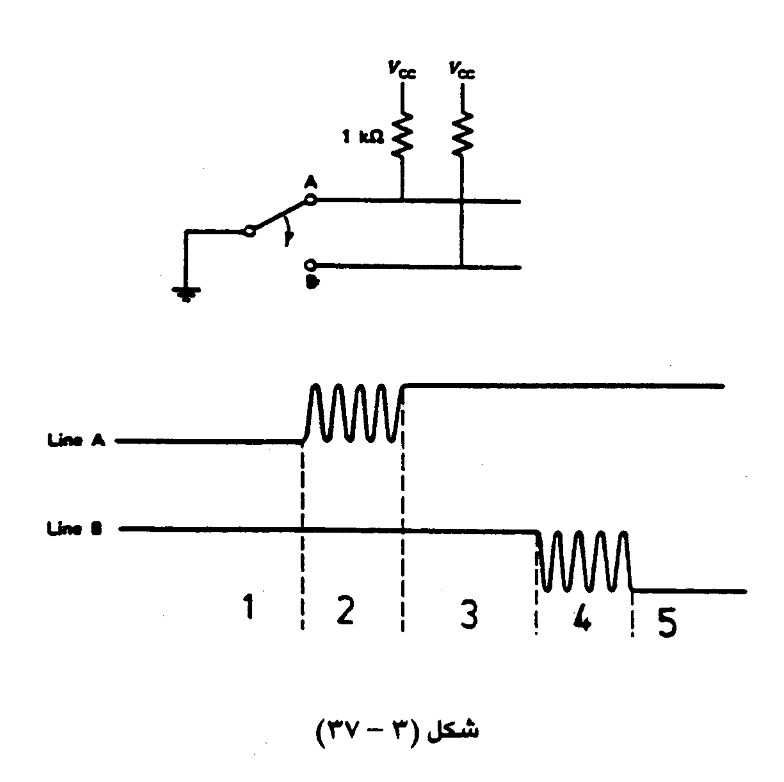
شكل (٣ - ٣٦)

ويزود كل قلاب بمدخل للتحرير Clear (CLR) يكون فعال عند الحالة المنخفضة. ويلاحظ من جدول الحقيقة أنه عندما تكون حالة مدخل التحرير (L) فإن حالة Q تصبح منخفضة (L) وحالة $\bar{Q}$ تصبح عالية (H) بغض النظر عن حالة باقى المداخل.

ونظرية عمل القلابات J-K لهذه الدائرة المتكاملة لا تختلف عن نظرية عمل القلاب J-K السابق شرحها، عدا أن مدخل التحرير Clear (clr) يجب أن تكون حالته عالية باستمرار علماً بأن الرمز Qo, $\bar{Q}o$ يعنى الحالة السابقة للمخارج.

٣ / ٤ / ٤ - إزالة ارتداد المفاتيح Switch Debouncing:

يصاحب غلق وفتح المفاتيح - عادة - تكرار للفتح والغلق عدة مرات، وتسمى هذه الظاهرة بالارتداد. والشكل (٣ - ٣٧) يبين الارتداد الناتج عن تحويل مفتاح SPDT من النقطة A إلى النقطة B.



شكل (٣ - ٣٧)

ويلاحظ أنه يمكن تقسيم العلاقة بين الجهد والزمن للخط A والخط B ولخمس مراحل وهى كما يلى:

المرحلة 1 ثبات الجهد A,b لاستقرار المفتاح على الوضع A.

المرحلة 2 تذبذب الجهد فى الخط A نتيجة لارتداد ريشة المفتاح عند ملامسة النقطة A.

المرحلة 3 ثبات كل من جهد A,B لأن ريشة المفتاح غير ملامسة للنقطة A ولا النقطة B.

المرحلة 4 تذبذب الجهد فى الخط B نتيجة لارتداد ريشة المفتاح عند ملامسة النقطة B.

المرحلة 5 ثبات كل من جهد A,B لاستقرار المفتاح على الوضع B.

وتسبب عملية الارتداد مشاكل كبيرة فى دوائر العدادات والمسجلات.. إلخ؛ لذلك يجب اتخاذ بعض الاحتياطات للتخلص من الارتداد الناتج عن غلق وفتح المفاتيح.

فالدائرة المبينة بالشكل (٣ – ٣٨أ) مناسبة لإزالة الارتداد الناتج عن الضواغط والمفاتيح الدوارة والمنزلقة.

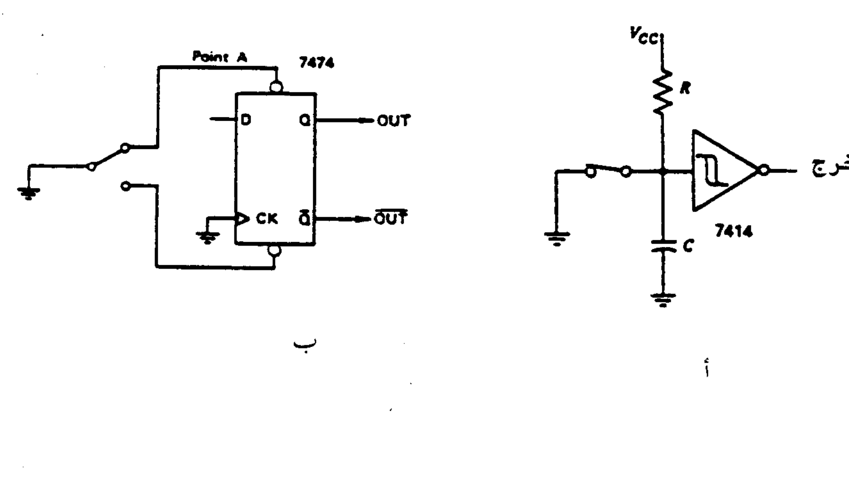
والجدير بالذكر أن هذه الدائرة تحدث تأخيرًا زمنيًا فى الخرج من لحظة تغير وضع المفتاح مقداره 1 ms بعدها تكون ريشة المفتاح قد استقرت فى الحالة الجديدة. فعند غلق المفتاح S فإن أول ارتداد يؤدى لتفريغ المكثف C_1 فيصبح خرج بوابة Schmitt Not عاليًا، وبالتالى يصبح الزمن المار بين كل ارتداد والثانى غير كاف لشحن المكثف C، وبالتالى يظل خرج البوابة عاليًا، علمًا بأن سعة المكثف C تساوى 10 µf وقيمة المقاومة R حوالى 4.7 KΩ.

أما الدوائر المبينة بالشكل (٣ – ٣٨ ب، جـ، د) فمناسبة لإزالة الارتداد الناتج عن المفاتيح الأحادية القطب ذات السكتين SPDT .

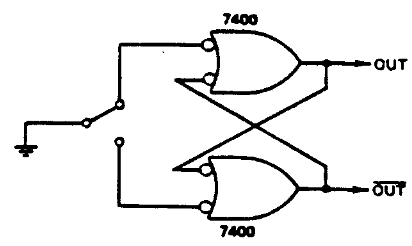
ففى الشكل ب عندما يوضع المفتاح على الوضع العلوى فإن الحالة المنخفضة للنقطة A تجعل خرج القلاب عاليًا، ولا يؤثر الارتداد فى خرج القلاب FF . وعند تغيير وضع المفتاح من الوضع العلوى للوضع السفلى فإن أول ارتداد يؤدى إلى تحرير القلاب وتصبح حالة خرج القلاب OUT منخفضة، ويظل خرج القلاب على هذا الحال .

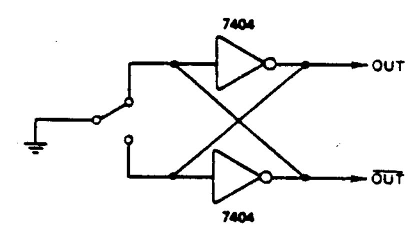
أما البوابتان المستخدمتان فى الشكل (جـ) فهما بوابتان NAND ويشكلان قلاب R-S يعمل عند الحالة المنخفضة . فعند تغير وضع المفتاح من الوضع العلوى للوضع السفلى فإن الارتداد الحادث عند ترك النقطة العلوية لن يؤثر على خرج القلاب لأنه سيظل مرتفعًا وبمجرد وصول ريشة المفتاح للنقطة السفلية فإنه عند أول تلامس يصبح خرج القلاب OUT منخفضًا، ويثبت على ذلك مهما حدث ارتداد عند النقطة السفلية .

أما البوابتان المستخدمتان فى الشكل (د) فهما عاكستان . فعندما يكون المفتاح على الوضع العلوى يكون خرج العاكس العلوى مرتفعًا وخرج العاكس السفلى منخفضًا . وعند انتقال المفتاح من الوضع العلوى للوضع السفلى وأثناء الانتقال يظل خرج العاكس العلوى مرتفعًا؛ وذلك لأن خرج العاكس السفلى يحافظ على دخل العاكس العلوى عاليًا . وبمجرد الوصول للوضع السفلى يصبح خرج العاكس العلوى منخفضًا وخرج العاكس السفلى مرتفعًا .



ب أ



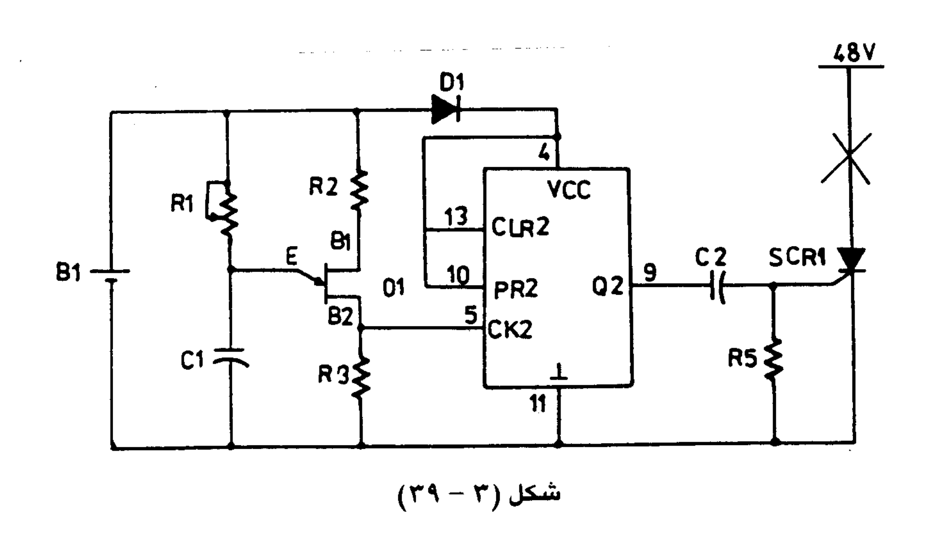


جـ د

شكل (٣ – ٣٨)

٣ / ٤ / ٥ – تطبيق (لوحة إعلانات بإضاءة نابضة) :

الشكل (٣ – ٣٩) يبين دائرة لوحة إعلانات تتحكم فى إضاءة مجموعة لمبات متوهجة قدرتها 300 W، حيث تضىء هذه اللمبات إضاءة متقطعة ويمكن توزيع هذه اللمبات على الإطار الخارجى للوحة إعلانات، علماً بأن جهد هذه اللمبات يساوى +48V ونحصل عليه من مصدر تيار مستمر.



شكل (٣ - ٣٩)

عناصر الدائرة:

مقاومة متغيرة 1 M Ω	R_1
مقاومة كربونية 100 Ω	R_2
مقاومة كربونية 100 Ω	R_3
مقاومة كربونية 1 K Ω	R_5
مكثف كيميائى سعته 2.2 µf وجهده 10 V	C_1
مكثف كيميائى سعته 0.1 µf وجهده 10 V	C_2
ثنائى سليكونى طراز 1 N 914	D_2
ترانزستور أحادى الوصلة طراز RS- 2029	Q_1
ثايرستور طراز Radio shack 276-1089	SCR_1
دائرة متكاملة لقلابين J-K طراز 7473	IC_1
بطارية جهدها 6V	B_1

نظرية التشغيل:

يقوم المذبذب المتراخى المؤلف من C_1, R_1, Q_1 بتوليد نبضات مربعة ترددها يساوى:

$$F = \frac{1}{R_1C_1} = 0: 0.45 \text{ HZ}$$

ويعمل القلاب J-K كمنصف للتردد الخارج من المذبذب المتراخى. وبمجرد تشغيل الدائرة فإن الأحمال المتوهجة الموصلة مع الثايرستور SCR_1 سوف تتذبذب بنصف تردد المذبذب المتراخى، ويمكن تغير هذا التردد بواسطة المقاومة المتغيرة R_1.

٣ / ٥ - دوائر الإمساك Latches:

تحتوى دوائر الإمساك المتكاملة على مجموعة من القلابات التى سبق دراستها. وتقوم Latches بالمحافظة على حالة مخارجها (مخارج القلابات) عند انقطاع إشارات مداخلها؛ ولذلك يقال: إن Latches تقوم بإمساك حالة كلمة رقمية (مجموعة من الإشارات الرقمية) وهناك عدة أنواع لدوائر Latches التى تنتمى لعائلة TTL مثل:

١ - دوائر الإمساك نوع R-S، على سبيل المثال الدوائر المتكاملة الآتية:

74279, 74118, 74119

٢ - دوائر الإمساك نوع D غير العاكسة، على سبيل المثال الدوائر المتكاملة الآتية:

74873, 7477, 74100, 74363, 74373, 74845

٣ - دوائر الإمساك نوع D ذات المخارج ومعكوسها مثل:

7475, 74375

وسوف نتناول فى هذه الفقرة بعض دوائر الإمساك بمزيد من التفصيل.

أولاً : دائرة الإمساك نوع R-S طراز 74279 :

الشكل (٣ – ٤٠) يعرض المسقط الأفقى لهذه الدائرة وكذلك جدول الحقيقة لها. ويلاحظ أن هذه الدائرة تحتوى على أربعة قلابات R-S، وكل قلاب يتألف من بوابتين NAND ويعمل عند الحالة المنخفضة للمداخل. حيث إن مداخل الإمساك للقلاب الأربعة $1\bar{S}_1, 1\bar{S}_2, 2\bar{S}, 3\bar{S}_1, 3\bar{S}_2, 4\bar{S}$ تكون فعالة عندما تكون حالتها منخفضة. وأيضًا فإن مداخل التحرير للقلاب الأربعة $1\bar{R}, 2\bar{R}, 3\bar{R}, 4\bar{R}$ تكون فعالة عندما تكون حالتها منخفضة.

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
$\bar{S}^{\dagger}$	$\bar{R}$	Q
H	H	Q_0
L	H	H
H	L	L
L	L	H*

H = high level
L = low level

SN54279/SN74279(J, N, W)

شكل (٣ – ٤٠)

نظرية عمل قلاب واحد من الدائرة:

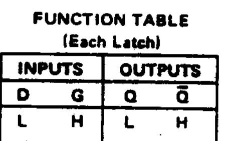
١ – تكون حالة المخرج Q عالية (H) عندما تكون حالة مدخل أو مدخلى الإمساك $\bar{S}$ منخفضة (L) وحالة مدخل التحرير $\bar{R}$ عالية (H).

٢ – يحدث تحرير لحالة مخرج القلاب Q عندما تكون حالة مدخل الإمساك $\bar{S}$ عالية (H) وحالة مدخل التحرير $\bar{R}$ منخفضة (L).

٣– لا يحدث تغير فى حالة المخرج Q عندما تكون حالة المداخل $\bar{S},\bar{R}$ عالية (H).

ثانيًا : دائرة الإمساك نوع D طراز 74100 :

الشكل (٣ – ٤١) يعرض المسقط الأفقى لهذه الدائرة المتكاملة وجدول الحقيقة لها. ويلاحظ أن هذه الدائرة المتكاملة تحتوى على دائرتين، إمساك كل منها بأربعة مداخل ومدخل تمكين وأربعة مخارج.



FUNCTION TABLE
(Each Latch)

INPUTS		OUTPUTS	
D	G	Q	$\bar{Q}$
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	Q_0	$\bar{Q}_0$

H = high level, X = irrelevant
Q_0 = the level of Q before the high-to-low transition of G

شكل (٣ – ٤١)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة :

مداخل بيانات	D_1-D_4
مداخل التمكين (فعالة عندما تكون حالتها مرتفعة)	G_1-G_4
مخارج الدائرة المتكاملة	Q_1-Q_4

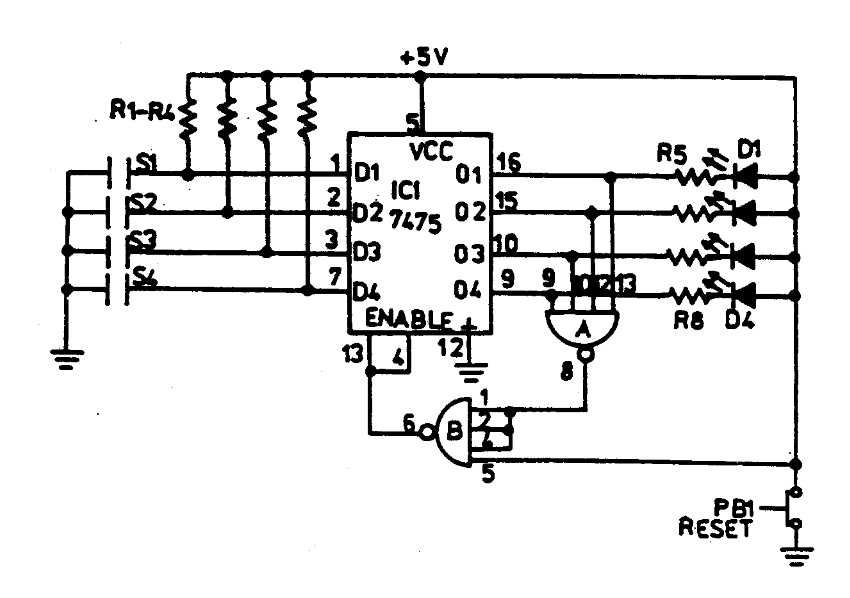
نظرية عمل الدائرة المتكاملة 74100 :

١ – عندما تكون حالة مدخل التمكين G مرتفعة (H) فإن حالة مدخل البيانات D تنتقل للمخرج Q المقابل.

٢ – عندما تكون حالة مدخل التمكين G منخفضة فإن حالة المخرج Q لن تتغير، بغض النظر عن حالة مدخل البيانات D.

٣ / ٥ / ١ – تطبيق (دائرة إنذار لأربعة خزانات سوائل) :

الشكل (٣ – ٤٢) يبين دائرة إنذار ضوئية لأربعة خزانات سوائل تعمل عند انخفاض مستوى السائل فى أحد الخزانات.



شكل (٣ - ٤٢)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 1 K Ω	R_1-R_4
مقاومات كربونية 680 Ω	R_5-R_8
ثنائيات مشعة قياسية	D_1-D_4
دائرة متكاملة طراز 7475	IC_1
دائرة متكاملة طراز 7420	A,B
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1
مفاتيح عوامات بريش مفتوحة طبيعيًا	S_1-S_4

نظرية عمل الدائرة :

فى الوضع الطبيعى تكون حالة المخارج Q_1-Q_4 لدائرة الإمساك المتكاملة 7475 (والتى تحتوى على أربعة قلابات D) عالية؛ لأن حالة مداخل البيانات D1-D4 تكون عالية، وبالتالى يصبح خرج البوابة A منخفضًا، ومن ثم يصبح خرج البوابة B عاليًا، فتصل إشارة عالية لمداخل التمكين 13,4 لدائرة الإمساك المتكاملة، وتظل المخارج عالية.

وعند غلق أحد ريش العوامات الأربعة المتصلة بمداخل البيانات D1-D4 ولتكن ريشة العوامة S1 تصبح حالة المدخل D1 منخفضة، فتنتقل هذه الحالة المنخفضة إلى المخرج Q1 فيضيء الثنائى المشع (1). وفى نفس الوقت يصبح خرج البوابة A عالياً، وتباعاً يكون خرج البوابة B منخفضاً، فتصل إشارة منخفضة إلى مداخل التمكين لدائرة الإمساك المتكاملة، وبالتالى فإن حالة جميع المخارج Q1-Q4 لن تتغير مهما تغيرت حالة المداخل D1 - D4، وبالتالى عندما تغلق ريشة عوامة أخرى فلن يحدث تغيير عما سبق.

وبعد معرفة رقم الخزان الممتلئ وتقليل مستوى سائله بوسيلة ما، ثم الضغط على ضاغط التحرير Reset push button يصبح خرج البوابة B عالياً، وبالتالى تنتقل الحالة الراهنة للمداخل D1 - D4 للمخارج Q1 - Q4، وطالما أن جميع العوامات فى الوضع الطبيعى (مفتوحة) فإن حالة المداخل D1 - D4 تصبح عالية، وتباعاً تصبح حالة Q1 - Q4 عالية، وتنطفئ جميع الثنائيات المشعة وتصبح الدئرة مستعدة لاستقبال مشكلة جديدة.

٣ / ٦ - أنظمة الأعداد والأكواد Code and number systems :

إن معرفة النظم المختلفة للأعداد والأكواد يسهل على القارئ التعامل مع أنظمة التحكم الرقمية. وقبل البدء فى سرد النظم المختلفة للأعداد والأكواد سنشير إلى بعض المصطلحات التى تستخدم عادة مع نظم الأعداد المختلفة وهى :

١ - إن أى عدد يتكون من مجموعة من الخانات Digits.

٢ - كل نظام أعداد له أساس ثابت وله مجموعة أعداد أساسية.

٣ - يمكن تحويل أى نظام أعداد إلى النظام العشرى للأعداد والمستخدم فى حياتنا اليومية وذلك باستخدام المعادلة التالية :

$$Z = a_0b^0 + a_1b^1 + a_2b^2 + \ldots\ldots\ldots \longrightarrow 3.10$$

حيث إن : Z هو العدد العشرى المكافئ، أما a_0, a_1, a_2 فهى الأعداد الأساسية، b هو الأساس.

٣ / ٦ / ١ - نظام الأعداد العشرية **Decimal unmbers :**

أساس نظام الأعداد العشرية 10 .

الأعداد الأساسية للنظام العشرى 9 ,............... ,0, 1, 2 .

فيمكن القول إن العدد العشرى 456 يساوى :

$$456 = 4 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

حيث إن : 10 هى أساس النظام العشرى .

4,5,6 الأعداد الأساسية للنظام العشرى .

٣ / ٦ / ٢ - نظام الأعداد الثنائية **Binary numbers :**

أساس نظام الأعداد الثنائية 2 .

الأعداد الأساسية لنظام الأعداد الثنائية 0,1 .

مثـــال :

حول العدد الثنائى $^{MS}(10110110)^{LS}_2$ لمكافئه العشرى، حيث إن الخانة (bit) اليسرى هى الأعلى رتبة (MSD) ورتبتها 2^7 والخانة اليمنى هى الأقل رتبة (LSD) ورتبتها 2^0 .

$$Z = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$= (182)_{10}$$

علمًا بأن كل خانة من خانات العدد الثنائى تسمى bit، ويسمى العدد الثنائى بكلمة ward، وتتكون الكلمة عادة من مجموعة من bits .

٣ / ٦ / ٣ - نظام الأعداد الثمانية **Octal numbers :**

الأساس 8

الأعداد الأساسية 7 ,........... ,0,1,2

مثـــال :

Z حول العدد الثمانى $(1763)_8$ لمكافئه العشرى

$$Z = 1 \times 8^3 + 7 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = (1067)_{10}$$

٣ / ٦ / ٤- نظام الأعداد السداسية عشر Hexadecimal numbers :

الأساس 16

الأعداد الأساسية 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A,B,C,D,E,F

وفيما يلى المكافئ العشرى للأعداد الأساسية الستة الأخيرة

A= 10 B = 11 C = 12 D = 13 E= 14 F = 15

مثـــال :

حول العدد السداسى عشر $(1\ A6)_{16}$ لمكافئه العشرى

$$Z = 1 \times 16^2 + A \times 16^1 + 6 \times 16^0 = (422)_{10}$$

٣ / ٦ / ٥ - الأعداد العشرية المكودة ثنائيًا BCD :

يمكن تمثيل الأعداد العشرية بأعداد ثنائية، حيث إن أى عدد عشرى أساسى، أى يتكون من خانة واحدة يمكن تمثيله بعدد ثنائى له أربع خانات.

مثـــال :

حول العدد العشرى 7493 لعدد عشرى مكود ثنائيًا.

$$(7493)_{10} = \underset{\substack{\downarrow \\ 7}}{\underline{(0111}}\quad \underset{\substack{\downarrow \\ 4}}{\underline{0100}}\quad \underset{\substack{\downarrow \\ 9}}{\underline{1001}}\quad \underset{\substack{\downarrow \\ 3}}{\underline{0011)}}$$

٣ / ٧ - العدادات Counters :

العداد الإلكترونى هو أداة فحص عدد النبضات التى تدخل إلى مدخل النبضات للعداد.

ويتكون العداد من مجموعة من القلابات متصلة معًا بطريقة تمكنها من العد.

وتنقسم العدادات إلى نوعين من حيث نظرية عملها :

١ ـ عدادات تزامنية.

٢ ـ عدادات غير تزامنية.

وتنقسم العدادات إلى نوعين من حيث وظيفتها، وهما :

١ – عدادات تصاعدية Up counters ويزداد خرجها بمقدار 1 كلما وصلت نبضة لمدخل نبضات العداد.

٢ – عدادات تنازلية Down Counters ويقل خرجها بمقدار 1 كلما وصلت نبضة لمدخل نبضات العداد وصولاً للصفر.

وتنقسم العدادات إلى ثلاثة أنواع من حيث نوع مخارجها، وهي :

١ – عداد ثنائي.

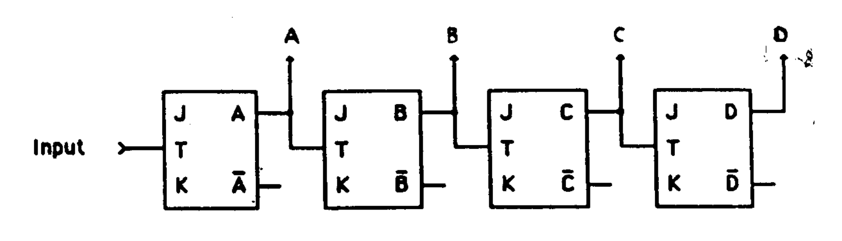
٢ – عداد ثنائي مكود عشريًا BCD، ويطلق عليه أحيانًا عداد عشرى.

٣ – عداد ثماني وله ثلاثة مخارج.

وستتضح هذه الأنواع فى الفقرات التالية :

٣ / ٧ / ١ – العدادات غير المتزامنة Asynchronous Counters :

الشكل (٣ – ٤٣) يعرض دائرة عداد ثنائي تصاعدى غير متزامن يتكون من أربعة قلابات J-K. حيث يوصل المداخل J-K للقلابات الأربعة مع الطرف Vcc + لمنبع التيار المستمر (غير موضح بالرسم).



شكل (٣ – ٤٣)

ويلاحظ أنه استخدمت الأحرف A,B,C,D كمخارج للقلابات بدلاً من Q حتى يسهل تمييز القلابات. وكل خرج من هذه المخارج الأربعة يعطى دلالة عن عدد عشرى معين، فمثلاً :

$A = 2^0 = 1$

$B = 2^1 = 2$

$C = 2^2 = 4$

$D = 2^3 = 8$

ويقوم هذا العداد الثنائى بعد النبضات عند الحافة السالبة (الهابطة) عند الانتقال من عالى لمنخفض والتى تدخل لمدخل النبضات T .

ويبدأ هذا العداد العد عندما تكون حالة جميع مخارجه منخفضة (0)، أى أن العدد المحمل به العداد فى البداية هو صفر عشرى وأقصى عدد نحصل عليه من هذا العداد الثنائى هو (1111) وهو يساوى $(15)_{10}$.

والشكل (٣ – ٤٤) يبين شكل موجات الجهد على المخارج الأربعة A,B,C,D عند دخول نبضات ساعة على مدخل النبضات T للقلاب A .

شكل (٣ – ٤٤)

ويلاحظ أن قيمة العدد الخارج على مخارج العداد A,B,C,D تزداد واحداً أثناء الحافة الهابطة لنبضة المؤقت، فمثلاً : عند الحافة الهابطة للنبضة 5 فإن :

$A = 1 \quad B = 0 \quad C = 1 \quad D = 0$

أى أن العدد الثنائى الخارج على مخارج العداد A,B,C,D هو (0101) ويكافئ :

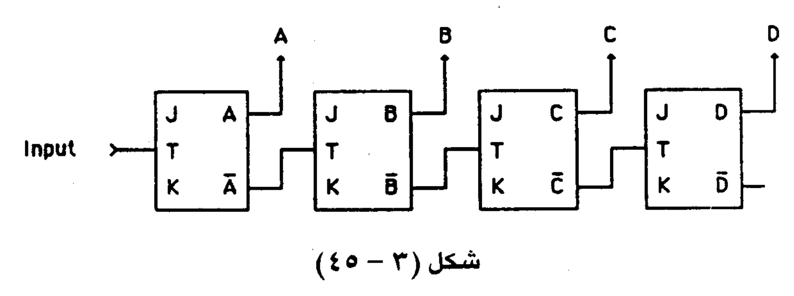
$Z = 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 = 5$

والشكل (٣–٤٥) يعرض دائرة عداد ثنائى تنازلى غير متزامن، يتكون من أربعة قلابات J-K .

حيث توصل المداخل J,K للقلابات الأربعة مع الطرف Vcc + لمنبع التيار المستمر (غير موضح بالرسم) وللعداد أربعة مخارج، وهى : A,B,C,D، حيث يعطى كل منها دلالة على عدد عشرى معين، حيث إن :

$A = 2^0 = 1$ $B = 2^1 = 2$

$C = 2^2 = 4$ $D = 2^3 = 8$



شكل (٣ – ٤٥)

وبمجرد وصول النبضة الأولى لهذا العداد تصبح حالة جميع مخارجه عالية، أى أن :

$A = B = C = D = 1$

ويكون العدد العشرى الذى يحمل به العداد فى البداية هو :

$Z = 1 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 4 + 1 \times 8 = 15$

وكلما وصلت نبضة للعداد قل العدد المحمل به العداد بمقدار 1 إلى أن يصبح حالة جميع مخارج العداد منخفضة، فى هذه الحالة يكون العدد المحمل به العداد يكافئ صفراً عشرياً وحينئذ يبدأ العداد من جديد دورة العد .

والشكل (٣ – ٤٦) يبين شكل الجهد على المخارج الأربعة A,B,C,D عند دخول نبضات ساعة على مدخل نبضات الساعة T .

شكل (٣ – ٤٦)

ويلاحظ أن قيمة العد تقل واحداً أثناء الحافة الهابطة لنبضات الساعة (الانتقال من عالى لمنخفض)، فمثلاً : عند الحافة الهابطة للنبضة 7 فإن :

$A = B = 0, \quad C = 0, \quad D = 1$

ويكون العدد الثنائى الخارج على مخارج الأعداد A,B,C,D هو (1001).

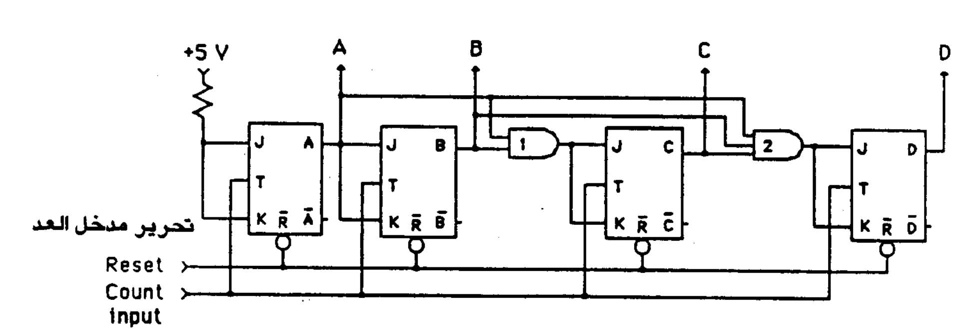
حيث إن خرج A هو الأقل رتبة وخرج D هو الأعلى رتبة.

$$Z = 1 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 4 + 1 \times 8 = 9$$

٣ / ٧ / ٢ - العدادات المتزامنة Synchronous Counters :

تمتاز العدادات المتزامنة بالسرعة الفائقة مقارنة بالعدادات غير المتزامنة والشكل (٣ - ٤٧) يعرض دائرة لعداد ثنائى متزامن تصاعدى، حيث يوصل مولد نبضات بمدخل النبضات للقلابات الأربعة A, B,C,D، ويتم إدخال خرج القلاب A على المدخلين J,K للعداد B وإدخال خرج القلابين A,B على المدخلين J,K للعداد C بواسطة البوابة 1 وإدخال خرج جميع القلابات A,B,C على المدخلين J,K للعداد D بواسطة البوابة 2.

ويلاحظ أن هذه الدائرة مزودة بمدخل لتحرير القلابات عند أى لحظة عندما يكون حالة خط التحرير Reset منخفضة (L). لذلك يجب المحافظة على حالة هذا الخط مرتفعة أثناء قيام العداد بالعد.



شكل (٣ - ٤٧)

٣ / ٧ / ٣ - الدوائر المتكاملة للعدادات :

يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة للعدادات عائلة TTL إلى :

١ - عدادات غير متزامنة، تعمل عند الحافة الهابطة لنبضات الساعة، وتنقسم بدورها إلى :

أ – عدادات تصاعدية لها خرج BCD، مثل الدوائر المتكاملة التالية:

74196, 74176, 7490, 74290

ب – عدادات لها خرج ثنائى، مثل الدوائر المتكاملة التالية:

74197, 74177, 7493, 74293

٢ – عدادات متزامنة، تعمل عند الحافة الصاعدة لنبضات الساعة، وتنقسم بدورها إلى:

أ – عدادات تصاعدية لها خرج BCD، مثل الدوائر المتكاملة التالية:

74162, 74160

ب – عدادات تصاعدية / تنازلية لها خرج BCD، مثل الدوائر المتكاملة التالية:

74190, 74192

جـ – عدادات لها خرج ثنائى بأربعة مخارج ثنائية، مثل الدوائر المتكاملة التالية:

79163, 74161, 74191, 74193

د – عدادات لها خرج ثنائى بستة مخارج ثنائية، مثل الدائرة المتكاملة 7497.

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة للعدادات عائلة CMOS سلسلة ..CD 40 إلى:

أ – عدادات عشرية، مثل الدائرة المتكاملة CD 4017A

ب – عدادات ثنائية بسبعة مخارج ثنائية CD 4024A

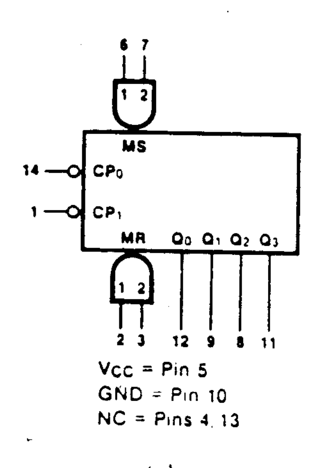
جـ – عدادات ثنائية باثنى عشر مخرج ثنائى CD 4040A

د – عدادات ثنائية بواحد وعشرين مخرجًا ثنائيًا مع مذبذب CD 4045

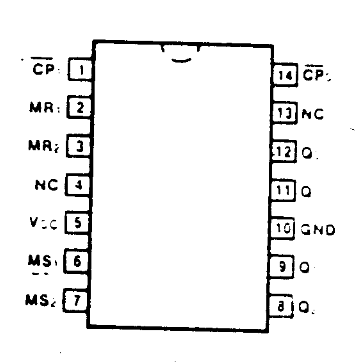
وسوف نتناول فى هذه الفقرة أكثر هذه الأنواع استخدامًا.

أولاً: العداد العشرى المكود ثنائيًا 7490:

الشكل (٣ – ٤٨) يعرض مسقطًا أفقيًا لهذا العداد (أ) والرمز المنطقى (ب) وجدول الحقيقة (جـ) وجدول اختيار الوظيفة (د).



ب



أ

MODE SELECTION

RESET/SET INPUTS				OUTPUTS			
MR_1	MR_2	MS_1	MS_2	Q_0	Q_1	Q_3	Q_3
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
L	X	L	X	Count			
X	L	X	L	Count			
L	X	X	L	Count			
X	L	L	X	Count			

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial

د

BCD COUNT SEQUENCE

COUNT	OUTPUTS			
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	L	L	L	L
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	H	H	L	L
4	L	L	H	L
5	H	L	H	L
6	L	H	H	L
7	H	H	H	L
8	L	L	L	H
9	H	L	L	H

NOTE. Output Q_0 is connected to Input $\overline{CP}_1$ for BCD count.

جـ

شكل (٣ - ٤٨)

التعريف بأرجل العداد:

مخارج العداد حيث إن $Q_0 = 2^0, Q_1 = 2^1, Q_2 = 2^2, Q_3 = 2^3$ Q_0-Q_3

مدخلان للتحرير   MR(1), MR(2)

مدخلان للتحميل   MS(1), MS(2)

مداخل النبضات CP_0, CP_1

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 7490:

تحتوى الدائرة المتكاملة 7490 على عدادين: الأول بمخرج واحد Q_0 وله مدخل للتحرير MR(1) ومدخل للتحميل MS(1) ومدخل للنبضات CP_0. والثانى بثلاثة

مخارج Q_1, Q_2, Q_3 ومدخل للتحرير MR(2) ومدخل للتحميل MS(2) ومدخل للنبضات CP_1.

وحتى يعمل العداد كعداد BCD بأربعة مخارج يتم توصيل مخرج العداد الأول Q_0 مع مدخل نبضات العداد الثنائى CP_1.

وهناك عدة حالات لتشغيل هذا العداد موضحة بجدول اختيار الوظيفة وهى:

١ - عندما تكون حالة MR(1), MR(2) عالية وحالة أحد المدخلين MS(1), MS (2) منخفضة فإن جميع مخارج العداد تصبح منخفضة.

٢ - عندما تكون حالة MS(1), MS(2) عالية فإن حالة مخارج العداد تصبح عالية بغض النظر عن حالة المداخل MR(1), MR(2).

٣ - عندما تكون حالة أحد المدخلين MR(1), MR(2) على الأقل منخفضة وحالة أحد المدخلين MS(1), MS(2) على الأقل منخفضة يعمل العداد كعداد BCD عند الحافة الهابطة لنبضات الساعة التى تدخل على مدخل النبضات CP_0. حيث يبدأ العد من 0 وصولاً إلى 9 ثم تتكرر دورة العد من جديد، ويمكن معرفة حالة المخارج Q_0-Q_3 عند أى نبضة من جدول الحقيقة.

ثانيًا: العداد العشرى المكود ثنائيًا BCD التصاعدى/ التنازلى 74192:

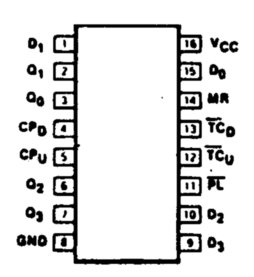
الشكل (٣ - ٤٩) يعرض مسقطًا أفقيًا لهذا العداد (أ) والرمز المنطقى للعداد (ب) وجدول الوظيفة (جـ).

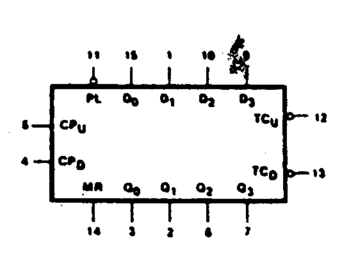
التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة:

مدخل نبضات الساعة للعد التصاعدى (فعال عند الحافة الصاعدة)	CP_U
مدخل نبضات الساعة للعد التنازلى (فعال عند الحافة الصاعدة)	CP_D
مدخل التحرير (يكون فعالاً عندما يكون عاليًا)	MR
مدخل تحميل بيانات على التوازى (فعال عندما يكون منخفضًا)	$\overline{PL}$
مداخل بيانات على التوازى	P_0-P_3
مخارج العداد	Q_0-Q_3

خرج الاقتراض (منخفض عندما يكون فعالاً) $\overline{TC}_D$

خرج الباقى (منخفض عندما يكون فعالاً) $\overline{TC}_U$





OPERATING MODE	INPUTS								OUTPUTS					
	MR	$\overline{PL}$	CP_U	CP_D	D_0	D_1	D_2	D_3	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	$\overline{TC}_U$	$\overline{TC}_D$
Reset (clear)	H	X	X	L	X	X	X	X	L	L	L	L	H	L
	H	X	X	H	X	X	X	X	L	L	L	L	H	H
Parallel load	L	L	X	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
	L	L	X	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H
	L	L	L	X	H	X	X	H	$Q_n = D_n$				L	H
	L	L	H	X	H	X	X	H	$Q_n = D_n$				H	H
Count up	L	H	↑	H	X	X	X	X	Count up				H[a]	H
Count down	L	H	H	↑	X	X	X	X	Count down				H	H[b]

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care
↑ = LOW-to-HIGH clock transition

NOTES:
a. $\overline{TC}_U = CP_U$ at terminal count up (HLLH).
b. $\overline{TC}_D = CP_D$ at terminal count down (LLLL).

شكل (٣ - ٤٩)

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 74192:

١ - يتم تحرير مخارج العداد الأربعة Q0- Q3 (أى إعادتها للحالة المنخفضة) إذا كانت حالة مدخل التحرير MR مرتفعة، وتنتقل حالة CP_D للمخرج $\overline{TC}_D$.

٢- يتم نقل حالة المداخل المتوازية D_0-D_3 للمخارج المقابلة Q_0- Q_3 عندما تكون حالة كل من $MR, \overline{PL}$ منخفضة، وتنتقل حالة CP_D إلى $\overline{TC}_D$ إذا كانت حالة المداخل المتوازية D_0-D_3 منخفضة، وتنتقل حالة CP_U إلى $\overline{TC}_D$ إذا كانت حالة بعض أو كل المداخل المتوازية عالية.

٣ - يعمل العداد تصاعدياً إذا كانت حالة MR منخفضة وحالة $CP_D, \overline{PL}$ عالية، وذلك عند الحافة الصاعدة لنبضات الساعة التى تدخل من المدخل CP_U، وتبدأ دورة العد من LLLL وصولاً إلى HLLH فى هذه الحالة تنتقل حالة المخرج $\overline{TC}_U$ من مرتفعة لمنخفضة، وتبدأ دورة العد من جديد فتعود حالة $\overline{TC}_U$ مرتفعة كما كانت.

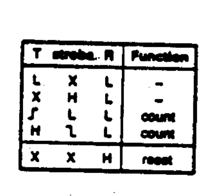
٤ - يعمل العداد تنازليًا إذا كانت حالة MR منخفضة وحالة $\overline{PL}, CP_U$ مرتفعة، وذلك عند الحافة الصاعدة لنبضات الساعة التى تدخل من المدخل CP_U. وتبدأ دورة العد من HLLH وصولاً إلى LLLL، فى هذه الحالة تنتقل حالة المخرج $\overline{TC}_D$ من مرتفع لمنخفض، وتبدأ دورة العد من جديد فتعود حالة $\overline{TC}_D$ مرتفعة كما كانت.

ثالثًا : العداد العشرى CD4017 A :

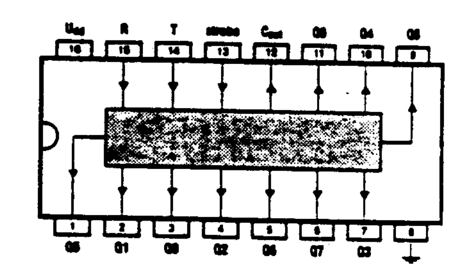
الشكل (٣ - ٥٠) يعرض المسقط الأفقى لهذه الدائرة المتكاملة و جدول الحقيقة.

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة :

مخارج العداد العشرى	Q_0-Q_9
مدخل التحرير	R
مدخل الإمساك	Strobe
مخرج الباقى	Cout
مدخل النبضات	T



T	strobe	R	Function
L	X	L	–
X	H	L	–
ʃ	L	L	count
H	ʅ	L	count
X	X	H	reset



شكل (٣ – ٥٠)

نظرية تشغيل العداد :

١ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة (L) وحالة مدخل الإمساك Srobe منخفضة يقوم العداد بعد النبضات التى تدخل للمدخل T عند الحافة الصاعدة. فعند دخول النبضة الأولى تكون حالة Q0 عالية وباقى المخارج منخفضة، وعند دخول النبضة الثانية تصبح حالة Q1 فقط عالية، وعند وصول النبضة الثالثة تصبح حالة Q2 فقط عالية، وهكذا وصولاً للنبضة العاشرة تصبح حالة Q9 فقط عالية، وعند وصول النبضة الحادية عشر تصبح حالة Q0 فقط عالية. وتتكرر دورة التشغيل.

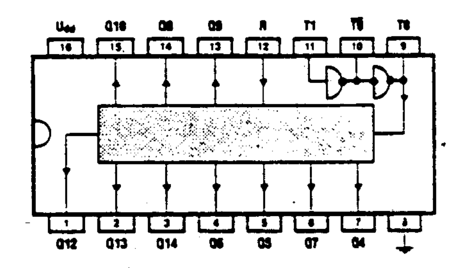
٢ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة وحالة مدخل النبضات T عالية يقوم العداد بعد النبضات التى تدخل على مدخل الإمساك عند الحافة الهابطة.

٣ – يقوم العداد بتثبيت حالة مخارجه عند وصول إشارة عالية لمدخل الإمساك Strobe، وعندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة بغض النظر عن حالة باقى المداخل.

٤ – يقوم العداد بتحرير مخارجه، أى تعود جميع مخارجه للحالة المنخفضة عندما تكون حالة مدخل التحرير R عالية.

رابعًا: العداد الثنائى ذات الأربعة عشر مخرجًا والمذبذب CD4060 :

الشكل (٣ - ٥١) يعرض المسقط الأفقى وجدول الوظيفة لهذه الدائرة المتكاملة



T	R	Function
X	H	reset
H	L	-
L	L	-
⌐	L	count

شكل (٣ - ٥١)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة :

مخارج العداد الثنائى Q_4-Q_{14}

أطراف المذبذب T_0, $\overline{T}_0$, T_1

نظرية عمل العداد :

لتشغيل العداد يجب أن توصل مقاومة R بالرجل T_0 ويوصل مكثف C بالرجل T_1 ويوصل الطرف الثانى لكل من المكثف والمقاومة معًا بالرجل $\overline{T}_0$ ويكون تردد المذبذب مساويًا

$$F = \frac{1}{2.2\,RC} \longrightarrow 3.11$$

وعندما تكون حالة المدخل R منخفضة يقوم العداد بعد نبضات المذبذب وإخراج العدد الثنائى المكافئ لعدد النبضات على مخارج العداد، علمًا بأن رتبة كل مخرج تكافئ رقمه، فرتبة المخرج Q_4 هو 2^4 والمخرج Q_5 هو 2^5 وهكذا.

فبعد 2^5 نبضة تصبح حالة المخرج Q_5 عالية، وبعد 2^{14} نبضة تصبح حالة المخرج Q_{14} عالية وهكذا.

وعندما تصبح حالة المدخل R عالية يحدث تحرير لجميع مخارج العداد وتعود حالتها منخفضة وعادة تستخدم هذه الدائرة المتكاملة كمؤقت زمنى.

فمثلاً إذا كانت قيمة المقاومة $R1 = 67\ K\Omega$ والمكثف $C_1 = 1\mu f$ فإن تردد المذبذب يساوى:

$$F = \frac{1000}{2.2 \times 67 \times 1} = 6.8\ HZ$$

أى أن زمن النبضة يساوى:

$$T = \frac{1}{F} = 0.147 \text{ sec}$$

وبالتالى تصبح حالة المخرج Q_{14} عالية بعد زمن مقداره يساوى:

$$T = 2^{14} \times 0.147 = 2408 \text{ sec}$$

$$= 40 \text{ min}$$

٣ / ٨ - مسجلات الإزاحة Shift Registers:

يقوم مسجل الإزاحة بتخزين رقم ثنائى، ثم إزاحته يميناً أو يساراً عندما يقتضى الأمر ذلك.

ويتكون مسجل الإزاحة من عدة قلابات، حيث يخصص قلاب لكل خانة (Bit) من الرقم الثنائى. ويمكن إدخال الرقم الثنائى للمسجل أو إخراجه منه بشكل متتال، أى خانة بعد خانة أو بشكل متواز، أى كل الخانات معاً.

وتوجد عدة أنواع من مسجلات الإزاحة، مثل:

١ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوالى SISO

٢ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوالى والخرج المتوازى SIPO

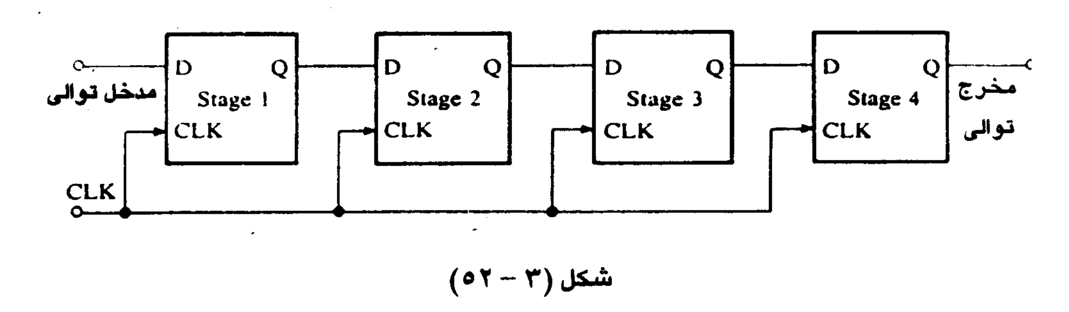
٣ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوازى والخرج المتوالى PISO

٤ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوازى PIPO

وسوف نتناول هذه الأنواع بالتفصيل فى الفقرات القادمة.

٣ / ٨ / ١ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوالى SISO:

الشكل (٣ - ٥٢) يعرض مسجل إزاحة SISO يتكون من أربعة قلابات D.



شكل (٣ - ٥٢)

حيث تدخل البيانات من مدخل القلاب الأول وتخرج من مخرج القلاب الرابع، ومع كل نبضة تتحرك البيانات من اليسار إلى اليمين. ويتميز هذا المسجل بأن أول Bit يدخل هو أول Bit يخرج.

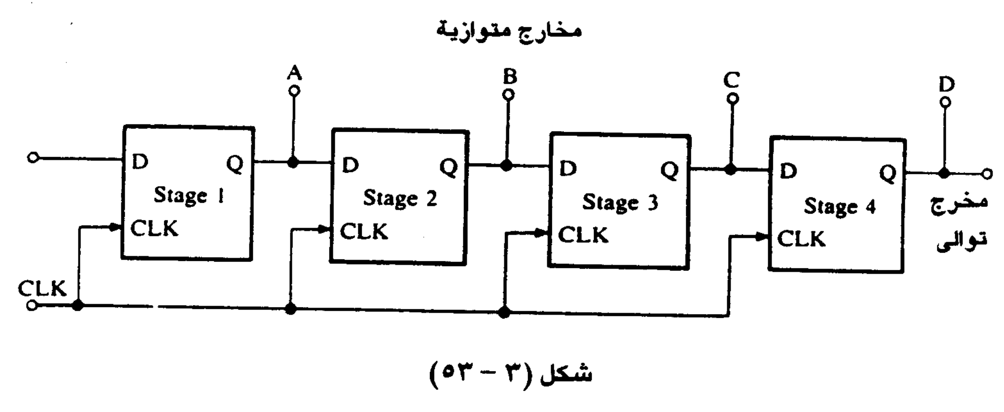
فلتخزين عدد يتكون من أربع خانات مثل 1110 نحتاج لأربع نبضات ساعة تدخل على خط CLK فينتقل هذا العدد الثنائى 1110 من مدخل التوالى Serial in ليخزن فى القلابات الأربعة ويصبح خرج القلاب 4 هو (0) ومخرج القلاب 3 هو (1) ومخرج القلاب 2 هو (1) ومخرج القلاب 1 هو (1)

ويحتاج هذا العدد لثلاث نبضات أخرى تصل لمسار نبضات الساعة CLK حتى يخرج هذا العدد من مخرج التوالى Serial out خانة تلو الأخرى أى أن العدد الكلى اللازم لنقل أى عدد ثنائى من مدخل التوالى إلى مخرج التوالى يكافئ (n+3)، حيث n هو عدد خانات العدد الثنائى.

وعادة تستخدم مسجلات SISO فى التأخير الزمنى، حيث يتم تأخير البيانات الخارجة عن البيانات الداخلة فترة زمنية T (n+3)، حيث إن T هو زمن النبضة الواحدة لنبضات الساعة.

٣ / ٨ / ٢ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوالى والخرج المتوازى SIPO :

الشكل (٣ - ٥٣) يعرض مسجل إزاحة SIPO يتكون من أربعة قلابات D



شكل (٣ - ٥٣)

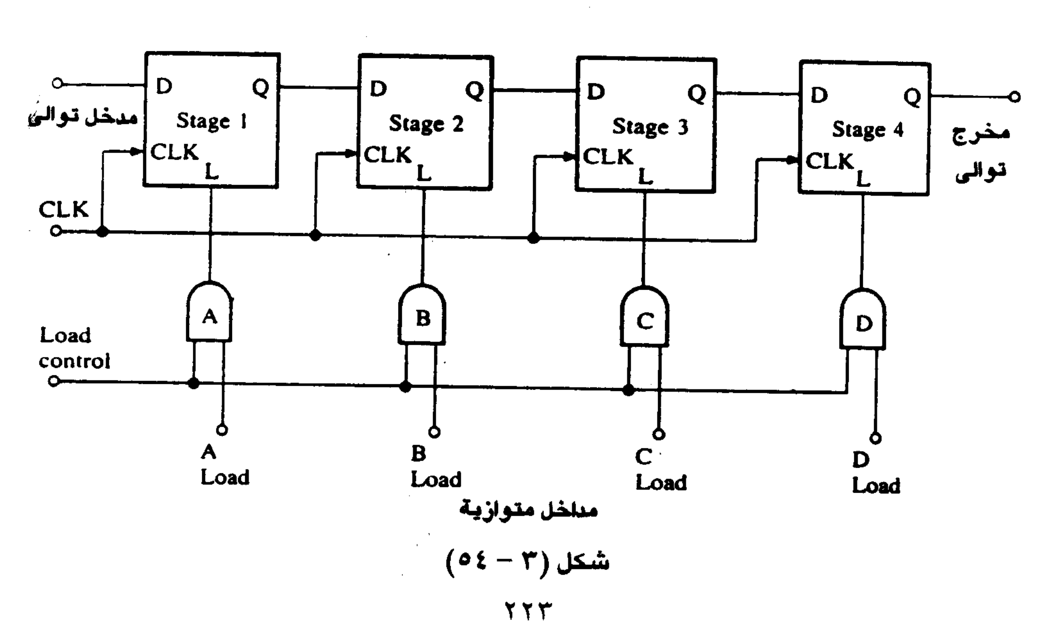
حيث تدخل البيانات من مدخل التوالى Serial in وتخرج من مخارج التوازى A-D . ويحتاج العدد الثنائى المؤلف من أربع خانات أربع نبضات حتى يخرج على مخارج المسجل A-D .

فمثلاً عند دخول العدد الثنائى 1011 لمدخل التوالى وبعد أربع نبضات فإن :

D= 1,C = 1, B = 0, A = 1

٣ / ٨ / ٣ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوازى والخرج المتوالى PISO :

الشكل (٣ - ٥٤) يعرض مسجل إزاحة PISO يتكون من أربعة قلابات D .



شكل (٣ - ٥٤)

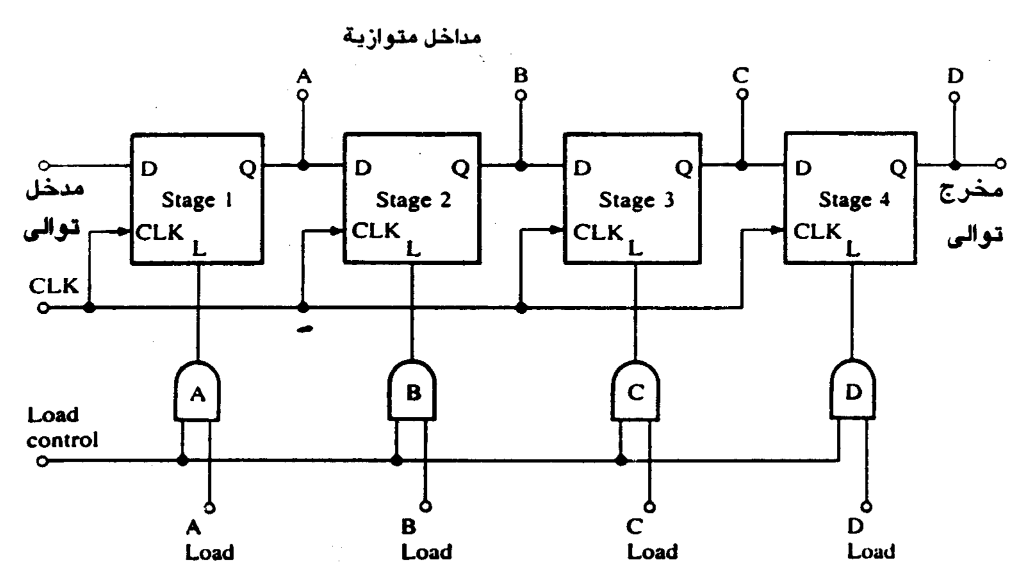
ويلاحظ أن لهذا المسجل أربعة مداخل A,B,C,D ومخرج واحد توالى Serial out، ويوجد طرف لتحميل المسجل Load Control. فعندما تكون حالة طرف Load Control عالية فإن الكلمة التى تدخل على مداخل التوازى A-D سوف تخرج من مخرج التوالى Serial out بعد أربع نبضات.

فمثلاً: عند دخول العدد الثنائى 1011 على مداخل التوازى A-D وعندما تكون حالة طرف Load Control عالية فبمجرد وصول النبضة الأولى لمدخل النبضات يصبح خرج القلاب الرابع (1) والثالث (1) والثانى (0) والأول (1).

وبعد وصول ثلاث نبضات أخرى لمدخل النبضات يكون هذا العدد قد خرج، الخانة تلو الأخرى من مخرج التوالى.

٣ / ٨ / ٤ - مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوازى PIPO:

الشكل (٣ - ٥٥) يعرض مسجل إزاحة PIPO يتكون من أربعة قلابات D.



الشكل (٣ - ٥٥)

ويلاحظ أن لهذا المسجل أربعة مداخل متوازية A-D وأربعة مخارج متوازية A-D، ويحتاج العدد الثنائى المؤلف من أربع خانات نبضة واحدة ليخرج على مخارج المسجل.

والجدير بالذكر أن معظم مسجلات الإزاحة المتوفرة فى الأسواق تكون عامة، بمعنى أنها يمكن أن تعمل كمسجل SISO أو SIPO أو PISO أو PIPO.

وهذا سيتضح من دراسة الدوائر المتكاملة للمسجلات.

٣ / ٨ / ٥ - الدوائر المتكاملة للمسجلات :

يوجد العديد من الدوائر المتكاملة TTL للمسجلات. والجدول (٣ – ٥) يعرض ستة أنواع مختلفة من هذه الدوائر المتكاملة وخواصها.

الجدول (٣ - ٥)

بإمكانية تحرير	بإمكانية إمساك	بإمكانية تحميل	اتجاه الإزاحة	عدد الخانات	عدد الأرجل	الوظيفة	الطراز
نعم	نعم	نعم	يمين / يسار	4	16	PIPO	74194
نعم	لا	نعم	يمين	4	16	PIPO	74195
نعم	نعم	نعم	يمين	8	16	PIPO	74165
نعم	نعم	نعم	يمين	8	14	SIPO	74164
لا	لا	نعم	يمين	4	14	PIPO	7495
نعم	لا	نعم	يمين	4	14	SISO	7474

وسوف نتناول بالتفصيل بعض هذه الدوائر المتكاملة فى هذه الفقرة.

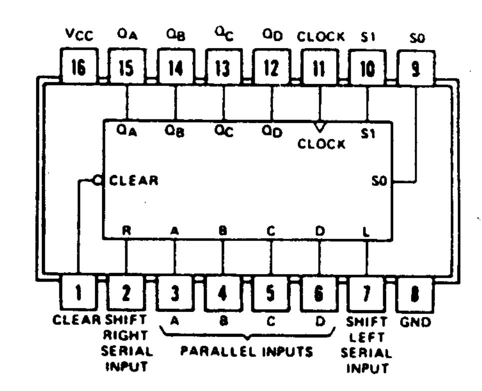
أولاً : الدائرة المتكاملة 74194 :

الشكل (٣ – ٥٦) يعرض المسقط الأفقى وجدول الوظيفة لهذه الدائرة المتكاملة.

FUNCTION TABLE

INPUTS										OUTPUTS			
CLEAR	MODE		CLOCK	SERIAL		PARALLEL				Q_A	Q_B	Q_C	Q_D
	S_1	S_0		LEFT	RIGHT	A	B	C	D				
L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L
H	X	X	L	X	X	X	X	X	X	Q_{A0}	Q_{B0}	Q_{C0}	Q_{D0}
H	H	H	↑	X	X	a	b	c	d	a	b	c	d
H	L	H	↑	X	H	X	X	X	X	H	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}
H	L	H	↑	X	L	X	X	X	X	L	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}
H	H	L	↑	H	X	X	X	X	X	Q_{Bn}	Q_{Cn}	Q_{Dn}	H
H	H	L	↑	L	X	X	X	X	X	Q_{Bn}	Q_{Cn}	Q_{Dn}	L
H	L	L	X	X	X	X	X	X	X	Q_{A0}	Q_{B0}	Q_{C0}	Q_{D0}

H = high level (steady state)
L = low level (steady state)
X = irrelevant (any input, including transitions)
↑ = transition from low to high level
a, b, c, d = the level of steady-state input at inputs A, B, C, or D, respectively
Q_{A0}, Q_{B0}, Q_{C0}, Q_{D0} = the level of Q_A, Q_B, Q_C, or Q_D, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established
Q_{An}, Q_{Bn}, Q_{Cn}, Q_{Dn} = the level of Q_A, Q_B, Q_C, Q_D, respectively, before the most-recent ↑ transition of the clock.



شكل (٣ – ٥٦)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة:

مداخل تحديد الوظيفة	S_0, S_1
مداخل البيانات المتوازية	A,B,C,D
مدخل التوالى للبيانات للإزاحة يميناً	SHIFT RIGHT SERIAL INPUT
مدخل التوالى للبيانات للإزاحة يساراً	SHIFT LEFT SERIAL INPUT
مدخل نبضات الساعة ويكون فعالاً عند الحافة الصاعدة	CLOCK
مدخل التحرير ويكون فعالاً عندما يكون منخفضاً.	CLEAR
المخارج المتوازية	Q_A-Q_C

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 74194:

١ – عندما تكون حالة مدخل التحرير CLEAR منخفضة تتحرر جميع المخارج المتوازية Q_A-Q_C، أى تصبح حالتها منخفضة.

٢ – عندما تكون حالة مدخل نبضات الساعة CLOCK منخفضة أو حالة مدخل التحرير عالية CLEAR يحدث إمساك لحالة المخارج Q_A-Q_C، وأيضاً عندما تكون حالة مداخل الوظيفة S_0,S_1 منخفضة وحالة مدخل التحرير CLEAR عالية يحدث إمساك لحالة المخارج Q_A - Q_C.

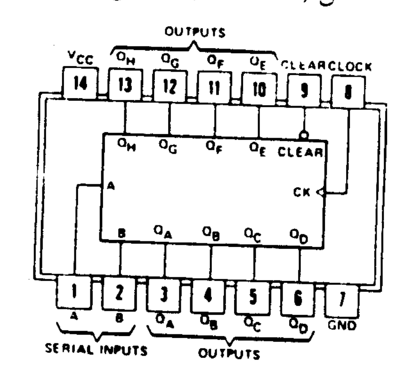
٣ – عندما تكون حالة CLEAR, S_1, S_0 عالية تنتقل محتويات المداخل المتوازية A - D إلى المخارج المتوازية المقابلة Q_A - Q_D عند الحافة الصاعدة لأول نبضة تدخل من مدخل النبضات CLOCK وتسمى هذه العملية بالتحميل.

٤ – عندما تكون حالة S_0 عالية وحالة S_1 منخفضة تنتقل محتويات مدخل التوالى للإزاحة جهة اليمين SERIAL/RIGHT للمخارج Q_A -Q_D مع إزاحة لليمين لمحتوياتهم.

٥ – عندما تكون حالة S_0 منخفضة وحالة S_1 عالية تنتقل محتويات مدخل التوالى للإزاحة جهة اليسار SERIAL/LEFT للمخارج Q_A-Q_D مع إزاحة لليسار لمحتوياتهم.

ثانياً: الدائرة المتكاملة 74164 :

الشكل (٣ – ٥٧) يعرض المسقط الأفقى وجدول الوظيفة لهذه الدائرة المتكاملة.



FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS		
CLEAR	CLOCK	A	B	Q_A	Q_B ...	Q_H
L	X	X	X	L	L	L
H	L	X	X	Q_{A0}	Q_{B0}	Q_{H0}
H	↑	H	H	H	Q_{An}	Q_{Gn}
H	↑	L	X	L	Q_{An}	Q_{Gn}
H	↑	X	L	L	Q_{An}	Q_{Gn}

H = high level (steady state), L = low level (steady state)
X = irrelevant (any input, including transitions)
↑ = transition from low to high level.
Q_{A0}, Q_{B0}, Q_{H0} = the level of Q_A, Q_B, or Q_H, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.
Q_{An}, Q_{Gn} = the level of Q_A or Q_G before the most-recent ↑ transition of the clock; indicates a one-bit shift.

شكل (٣ – ٥٧)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة 74164:

المداخل المتوالية	A,B
مدخل نبضات الساعة (فعال عند الحافة الصاعدة)	CLOCK
مدخل التحرير (فعال عندما يكون منخفضاً)	CLEAR
المخارج المتوازية	Q_A-Q_H

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 74164:

١ – عندما تكون حالة CLEAR منخفضة تتحرر المخارج المتوازية Q_A - Q_H أى تعود حالتها لتصبح منخفضة.

٢ – عندما تكون حالة CLOCK منخفضة وحالة CLEAR عالية يحدث إمساك لحالة المخارج.

٣ – عندما تكون حالة مدخل التحرير CLEAR مرتفعة وحالة أحد مدخلى التوالى A,B على الأقل منخفضة يحدث إزاحة لمحتويات المخارج جهة اليمين مع جعل حالة Q_A منخفضة.

٤ – عندما تكون حالة مدخل التحرير CLEAR مرتفعة وحالة مدخلى التوالى A,B مرتفعة يحدث إزاحة لمحتويات المخارج جهة اليمين مع جعل حالة Q_A مرتفعة.

٣ / ٩ – المشفرات Encoders:

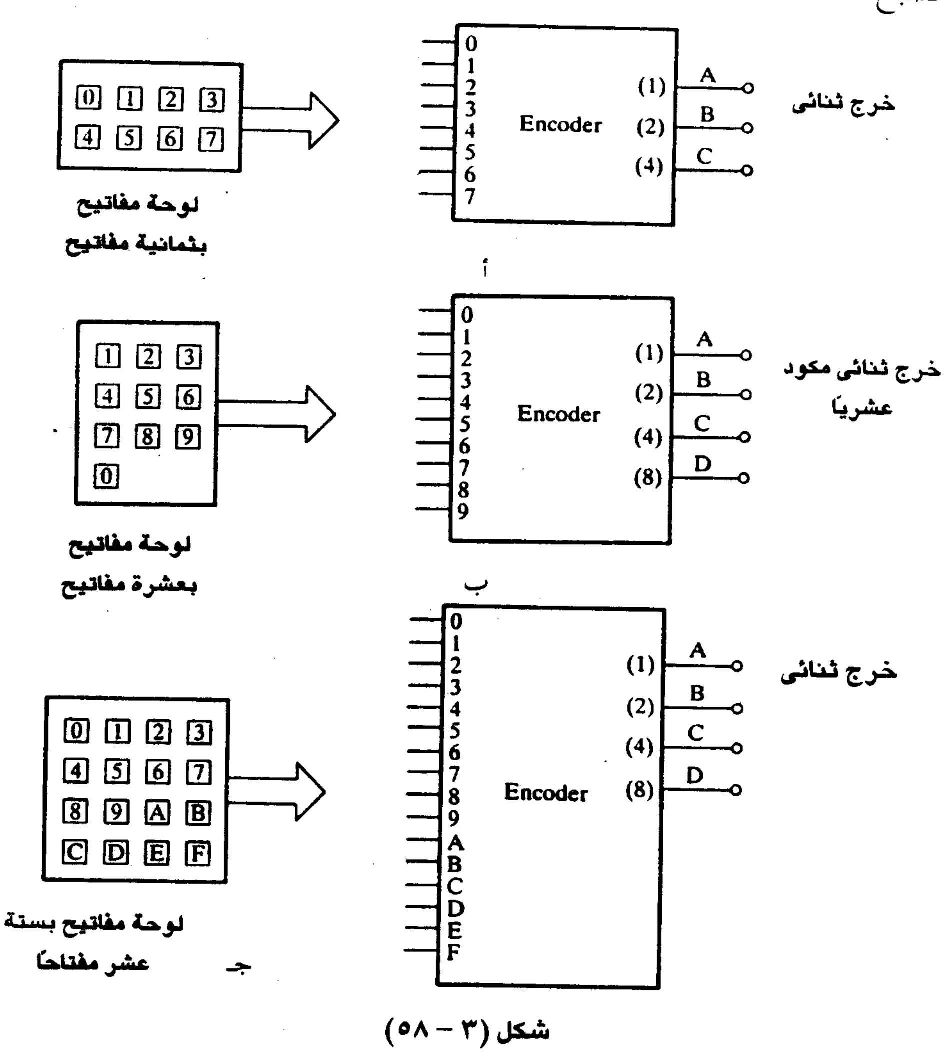
تقوم المشفرات بتحويل الإشارات القادمة من لوحة المفاتيح Keyboard إلى إشارات ثنائية. وهناك ثلاثة أنواع من المشفرات، هى:

١ – مشفرات ثمانية	Octal Encoders
٢ – مشفرات عشرية.	Decimal Encoders
٣ – مشفرات سداسية عشر	Hexadecimal Encoders

والشكل (٣ – ٥٨) يوضح فكرة عمل الأنواع الثلاثة من المشفرات. ففى (الشكل أ) مشفر ثمانى وله ثمانية مداخل 0-7 متصلة مع ثمانية مفاتيح S_0-S_7، وله ثلاثة مخارج A,B,C. فعند الضغط على المفتاح S_5 مثلاً تصل إشارة عالية

للمدخل 5 فيقوم المشفر بتحويل العدد 5 لمكافئه الثنائى، فيكون 101 أى تصبح حالة $A = 1, B = 0, C = 1$.

وفى (الشكل ب) مشفر عشرى له عشرة مداخل 0:9 متصلة بعشرة مفاتيح S0: S9، وله أربعة مخارج A,B,C,D. فعند الضغط على المفتاح S8 مثلاً تصل إشارة عالية للمدخل 8 فيقوم المشفر بتحويل العدد 8 لمكافئه الثنائى، فيكون 10001 أى تصبح حالة $A = 0, B = 0, C = 0, D = 1$.



شكل (٣ - ٥٨)

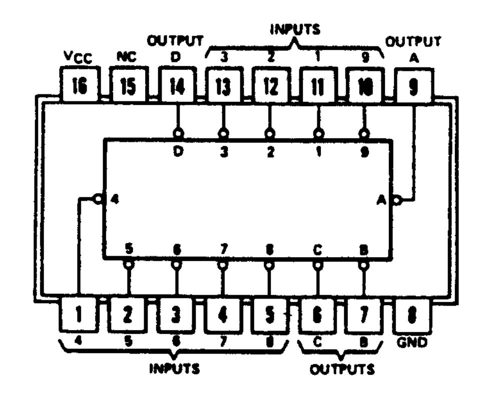
وفى (الشكل جـ) مشفر سداسى عشر وله ستة عشر مدخلاً 0:F متصلة مع ستة

عشر مفتاحًا SO: SF، وللمشفر أربعة مخارج وهى A-D. وعند الضغط على الضاغط SE مثلاً تصل إشارة عالية للمدخل E، ويقوم المشفر بتحويل العدد السداسى عشر E لمكافئه الثنائى والذى يساوى 0111، وتصبح حالة A = 0, B=1, C =1, D=1.

٣ / ٩ / ١ – الدوائر المتكاملة للمشفرات :

سنتناول فى هذه الفقرة الدائرة المتكاملة 74147 والتى تعمل كمشفر عشرى كمثال للدوائر المتكاملة للمشفرات.

والشكل (٣ – ٥٩) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 74147 وكذلك جدول الوظيفة الخاص بها.



SN54147, SN74147
FUNCTION TABLE

INPUTS									OUTPUTS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	C	B	A
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = high logic level, L = low logic level, X = irrelevant

شكل (٣ – ٥٩)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة 74147 :

مخارج المشفر (منخفضة عندما تكون فعالة)	A-D
مداخل المشفر (فعالة عندما تكون منخفضة)	1-9

نظرية تشغيل الدائرة المتكاملة 74147 :

حيث إن جميع مداخل ومخارج هذه الدائرة المتكاملة معكوسة؛ لذلك فإن محتويات جدول الوظيفة هو عكس ما استعرضناه سالفًا عن المشفرات العشرية. ويلاحظ غياب المدخل 0 مع اعتبار أنه عندما لا يوجد أى مدخل من المداخل فعال (حالته منخفضة) هذا يعنى أن خرج المشفر يكون معكوس الصفر.

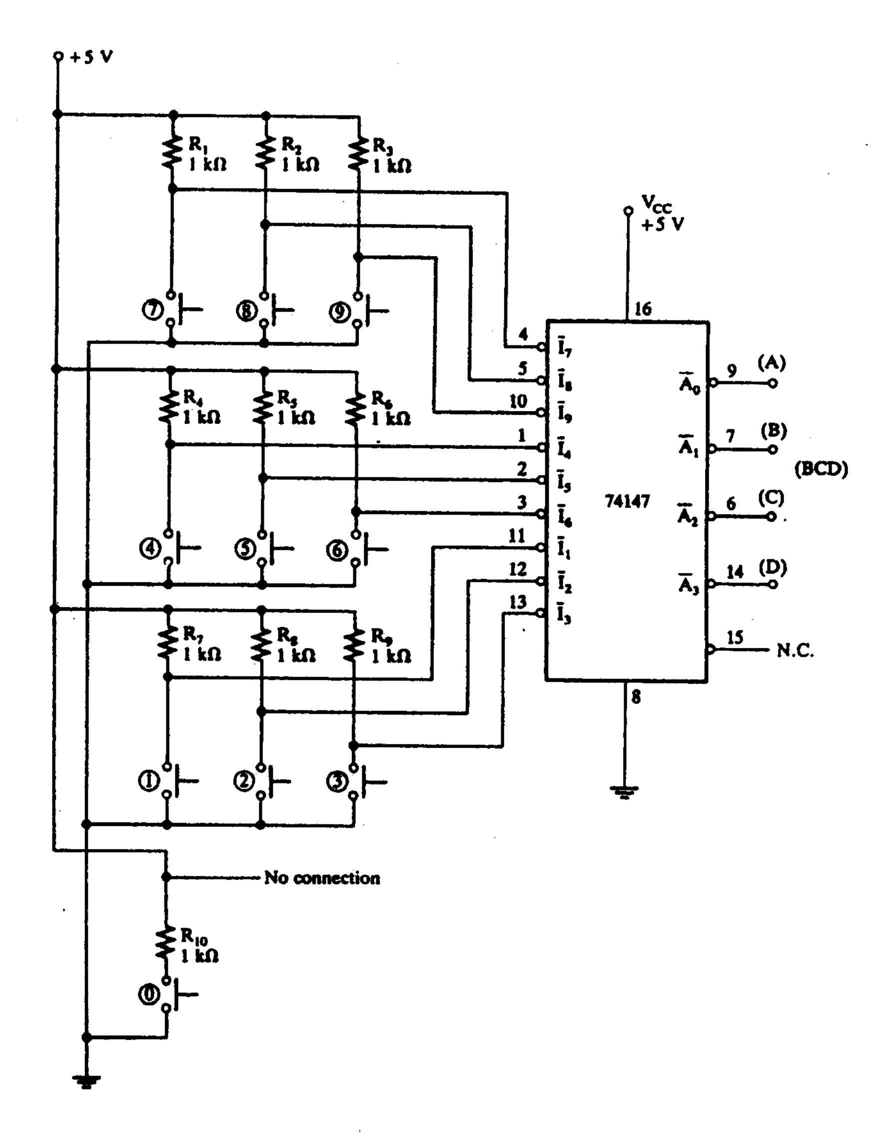
والشكل (٣ – ٦٠) يبين طريقة استخدام الدائرة المتكاملة 74147 كمشفر

عشرى، حيث إن $\bar{I}_9$ - $\bar{I}_1$ هى المداخل المعكوسة للمشفر العشرى، وكذلك فإن -$\bar{A}_0$ $\bar{A}_3$ هى المخارج المعكوسة للمشفر العشرى.

فعند الضغط على الضاغط 7 مثلاً فإن حالة مخارج المشفر العشرى سيكون كالآتى:

A = L   B = L   C = L   D = H

وهذا موضح من جدول الوظيفة الخاص بهذا المشفر والمبين بالشكل (٣ - ٥٩).

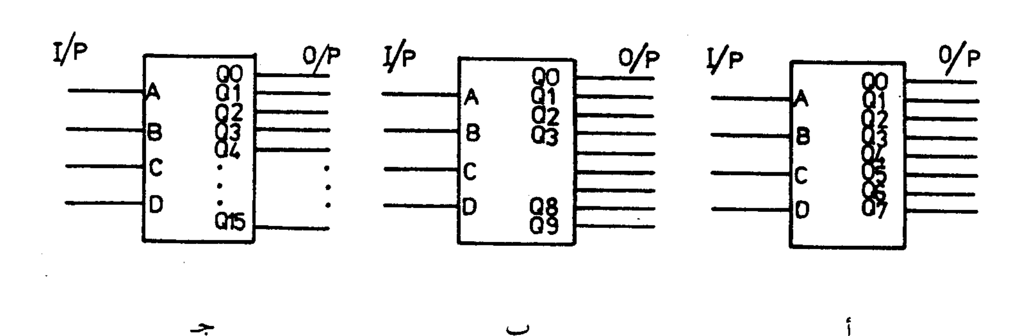


شكل (٣ - ٦٠)

٣ / ١٠ - مفسرات الشفرة Decoders :

تنقسم مفسرات الشفرة Decoders إلى :

١ - موزعات Demultiplexer/Decoder : وهى تقوم بتحويل بيانات الدخل الثنائية إلى خرج ثمانى أو عشرى أو سداسى عشر، كما هو مبين بالشكل (٣ - ٦١).



جـ ب أ

شكل (٣ - ٦١)

فالشكل (أ) لموزع فى خط من ثمانية. والشكل (ب) لموزع فى خط من عشرة، والشكل (جـ) لموزع فى خط من ستة عشر.

فإذا كانت حالة المداخل A,B,C لموزع فى خط من ثمانية هى :

$$A = 0, B = 1, C = 1$$

والتى تكافئ العدد العشرى Z

$$Z = 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 2 \times 2^2 = 5$$

فإن حالة المخرج Q_5 تصبح مساوية 1 .

٢ - مشغلات وحدات العرض الرقمية Display Decoders/ Drivers وهى تقوم بتحويل العدد العشرى المكود ثنائياً BCD لشفرة تشغيل وحدة عرض رقمية بسبع شرائح 7-Segment display . ويكون عدد مخارج وحدة العرض الرقمية سبعة مخارج وهى a,b,c,d,e,f,g .

ولمزيد من التفاصيل عن وحدات العرض الرقمية ذات السبع شرائح ارجع للفقرة (٢-٤-١)

وهناك نوعان من مشغلات وحدات العرض الرقمية وهما:

أ – مشغلات وحدة عرض رقمية بمهبط مشترك Common Cathode

ب – مشغلات وحدات عرض رقمية بمصعد مشترك Common Anode

٣ / ١٠ / ١ – الدوائر المتكاملة لمفسرات الشفرة Decoders:

١ – الدوائر المتكاملة للموزعات Demultiplexers:

توجد عدة دوائر متكاملة عائلة TTL سلسلة... 74 للموزعات، مثل:

أ – موزعات فى خط من ثمانية مثل:

74259, 7445, 7442, 74138,74145

ب – موزعات فى خط من عشرة مثل:

7445, 7442, 7443, 7444, 74145

جـ – موزعات فى خط من ستة عشر، مثل: 74154

د– موزعات فى خط من أربعة مزدوجة مثل:

74139, 74155, 74156

٢ – الدوائر المتكاملة لمشغلات وحدات العرض الرقمية، مثل:

أ – مشغلات وحدات عرض رقمية ذات المخارج المعكوسة مثل:

7446, 7447, 74247, 74347, 7447

وهى تستخدم فى تشغيل وحدات العرض ذات المصعد المشترك.

ب – مشغلات وحدات عرض رقمية ذات المخارج غير المعكوسة مثل:

7448, 7449, 74248, 74249

وهى تستخدم فى تشغيل وحدات العرض الرقمية ذات المهبط المشترك.

والجدير بالذكر أنه يوجد دائرة متكاملة تنتمى لعائلة CMOS سلسلة ..CD40 لمشغل وحدة عرض رقمية تعمل كعداد عشرى بمخارج لوحدة عرض رقمية طراز CD4033.

وسوف نتناول بعض الدوائر المتكاملة للموزعات ولمشغلات وحدات العرض الرقمية بالتفصيل للتوضيح.

أولاً : الدائرة المتكاملة لموزع فى خط من ثمانية طراز 74138 :

الشكل (٣ – ٦٢) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 74138 (أ) والرمز المنطقى (ب) وجدول الحقيقة (جـ) .

أ ب

TRUTH TABLE

INPUTS						OUTPUTS							
$\overline{E}_1$	$\overline{E}_2$	E_3	A_0	A_1	A_2	$\overline{O}_0$	$\overline{O}_1$	$\overline{O}_2$	$\overline{O}_3$	$\overline{O}_4$	$\overline{O}_5$	$\overline{O}_6$	$\overline{O}_7$
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial

شكل (٣ – ٦٢)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة :

مداخل تمكين معكوسة (فعالة عندما تكون منخفضة)	$\bar{E}_1 - \bar{E}_2$
مدخل تمكين (فعال عندما تكون حالته عالية)	E_3
مداخل العنوان	$A_0 - A_2$
مخارج معكوسة (تكون حالتها منخفضة عندما تكون فعالة)	$\bar{Q}_0 - \bar{Q}_7$

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 74138 :

١ ـ عندما تكون حالة $\bar{E}_1, \bar{E}_2$ منخفضة وحالة E_3 عالية فإن حالة المخرج الذى عنوانه يكافئ المكافئ العشرى لبيانات مداخل العنوان A_0-A_2 يكون منخفضاً .

مثـال :

عندما يكون $A_0 = H, A_1 = H, A_2=L$ فهذا يعنى أن العدد العشرى المكافئ لهذا العنوان يساوى :

$$Z = 1 \times 1 + 1 \times 2 + 0 \times 4 = 3$$

وبالتالى تصبح حالة المخرج $\bar{Q}_3$ منخفضة وباقى المخارج عالية .

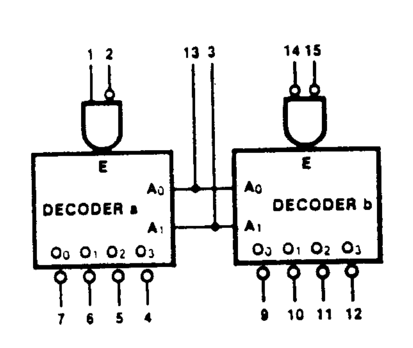
٢ ـ إذا لم تكن حالة $\bar{E}_1 - \bar{E}_2$ منخفضة وحالة E_3 عالية فإن حالة جميع المخارج تكون عالية بغض النظر عن حالة مداخل العنوان A_0-A_2 .

ثانياً : الدائرة المتكاملة لموزع فى خط من أربعة مزدوج طراز 74155 :

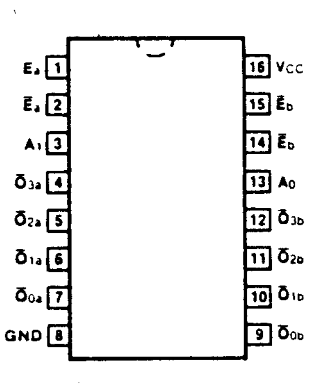
الشكل (٣ ـ ٦٣) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 74155 (أ) والرمز المنطقى (ب) وجدول الحقيقة (جـ) .

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة 74155 :

مداخل العنوان	$A_0 - A_1$
مداخل تمكين (فعالة عندما تكون منخفضة)	$\bar{E}_a, \bar{E}_b$
مدخل تمكين (فعال عندما يكون عالياً)	E_a
المخارج المعكوسة (فعالة عندما تكون منخفضة)	$\bar{O}_0$-$\bar{O}_3$



ب



أ

TRUTH TABLE

ADDRESS		ENABLE a		OUTPUT a				ENABLE b		OUTPUT b			
A_0	A_1	E_a	$\overline{E}_a$	$\overline{O}_0$	$\overline{O}_1$	$\overline{O}_2$	$\overline{O}_3$	$\overline{E}_b$	$\overline{E}_b$	$\overline{O}_0$	$\overline{O}_1$	$\overline{O}_2$	$\overline{O}_3$
X	X	L	X	H	H	H	H	H	X	H	H	H	H
X	X	X	H	H	H	H	H	X	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H
H	L	H	L	H	L	H	H	L	L	H	L	H	H
L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	H	H	L	H
H	H	H	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	L

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial

ج

شكل (٣ - ٦٣)

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 74155 :

١ – عندما تكون حالة Ea عالية وحالة $\overline{E}a$ منخفضة فإن حالة المخرج الذى يكافئ المكافئ العشرى لبيانات مداخل العنوان A_0, A_1 تكون منخفضة وذلك للـ Decoder a، فمثلاً: إذا كان $A_0 = H, A_1 = L$ فإن المكافئ العشرى للعنوان هو 1 وبالتالى تصبح حالة المخرج $\overline{O}_1$ منخفضة.

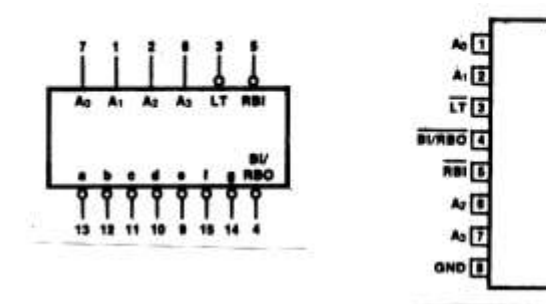
٢ – عندما تكون حالة $\overline{E}b, \overline{E}b$ منخفضة فإن حالة المخرج الذى يكافىء المكافئ العشرى لبيانات مداخل العنوان A_0, A_1 تكون منخفضة وذلك بالنسبة للـ Decoder b، فمثلاً: إذا كان $A_0 = L, A_1= H$ فإن المكافئ العشرى لهذا العنوان هو 2، وبالتالى تصبح حالة المخرج $\overline{O}_2$ منخفضة.

٣ – عندما تكون حالة المداخل $Ea, \overline{Eb}$ خلاف ما ذكر بالنقطة 1 تصبح حالة جميع مخارج Decoder a، عالية.

٤ – عندما تكون حالة المداخل $\overline{Eb}, \overline{Eb}$ خلاف ما ذكر بالنقطة 2 تصبح حالة جميع مخارج Decoder b عالية.

ثالثاً : الدائرة المتكاملة لمشغل وحدة العرض الرقمية طراز 7447 :

الشكل (٣ – ٦٤) المسقط الأفقى (أ) والرمز المنطقى (ب) وجدول الحقيقة (جـ) للدائرة المتكاملة 7447.



ب

TRUTH TABLE

أ

DECIMAL OR FUNCTION	INPUTS						OUTPUTS								NOTE
	$\overline{LT}$	$\overline{RBI}$	A_3	A_2	A_1	A_0	$\overline{BI}/\overline{RBO}$	$\overline{a}$	$\overline{b}$	$\overline{c}$	$\overline{d}$	$\overline{e}$	$\overline{f}$	$\overline{g}$	
0	H	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	1
1	H	X	L	L	L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	1
2	H	X	L	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	
3	H	X	L	L	H	H	H	L	L	L	L	H	H	L	
4	H	X	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	
5	H	X	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	L	
6	H	X	L	H	H	L	H	H	H	L	L	L	L	L	
7	H	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	
8	H	X	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
9	H	X	H	L	L	H	H	L	L	L	H	H	L	L	
10	H	X	H	L	H	L	H	H	H	H	L	L	H	L	
11	H	X	H	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	L	
12	H	X	H	H	L	L	H	H	L	H	H	H	L	L	
13	H	X	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	
14	H	X	H	H	H	L	H	H	H	H	L	L	L	L	
15	H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
$\overline{BI}$	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	2
$\overline{RBI}$	H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	3
$\overline{LT}$	L	X	X	X	X	X	H	L	L	L	L	L	L	L	4

NOTES:

(1) $\overline{BI}/\overline{RBO}$ is wire-AND logic serving as blanking input ($\overline{BI}$) and/or ripple-blanking output ($\overline{RBO}$). The blanking out ($\overline{BI}$) must be open or held at a HIGH level when output functions 0 through 15 are desired, and ripple-blanking input ($\overline{RBI}$) must be open or at a HIGH level if blanking or a decimal 0 is not desired. X = input may be HIGH or LOW.

(2) When a LOW level is applied to the blanking input (forced condition) all segment outputs go to a HIGH level regardless of the state of any other input condition.

(3) When ripple-blanking input ($\overline{RBI}$) and inputs A_0, A_1, A_2 and A_3 are LOW level, with the lamp test input at HIGH level, all segment outputs go to a HIGH level and the ripple-blanking output ($\overline{RBO}$) goes to a LOW level (response condition).

(4) When the blanking input/ripple-blanking output ($\overline{BI}/\overline{RBO}$) is open or held at a HIGH level, and a LOW level is applied to lamp test input, all segment outputs go to a LOW level.

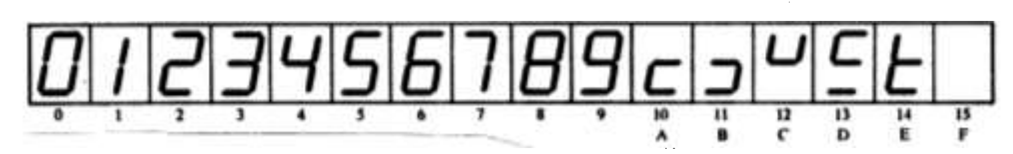
شكل (٣جـ – ٦٤)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة 7447 :

مداخل BCD	A0 - A3
مدخل الإطفاء المتموج	$\overline{RBI}$
مدخل اختيار اللمبات (فعال عندمايكون منخفضًا)	$\overline{LT}$
مدخل الإطفاء / مخرج الإطفاء المتموج (فعال عندما يكون منخفضًا)	$\overline{BI/RBO}$
المخارج التى توصل بوحدة العرض الرقمية (منخفضة عندما تكون فعالة)	$\overline{a}$ - $\overline{g}$

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 7447 :

١ - عندما تكون حالة $\overline{LT}$, $\overline{RBI}$, $\overline{BI}$ عالية فإن الدائرة المتكاملة ستقوم بتحويل أى عدد عشرى مكود ثنائيًا BCD يدخل على المداخل A0-A3 مما يؤدى إلى ظهور العدد العشرى المكافئ على وحدة العرض السباعية Seven Segment Display، عدا أنه إذا زاد العدد العشرى المكود ثنائيًا عن 9 فإنه يظهر رمزًا معينًا مع كل قيمة والشكل (٣ - ٦٥) يوضح ذلك .



شكل (٣ - ٦٥)

٢ - يمكن إطفاء وحدة العرض الرقمية، وذلك بالمحافظة على حالة $\overline{RBI}$ منخفضة وحالة $\overline{LT}$ عالية .

٣ - يمكن إضاءة جميعالشرائح السبعة لوحدة العرض الرقمية للاختبار،وذلك بالمحافظة على حالة $\overline{LT}$ منخفضة .

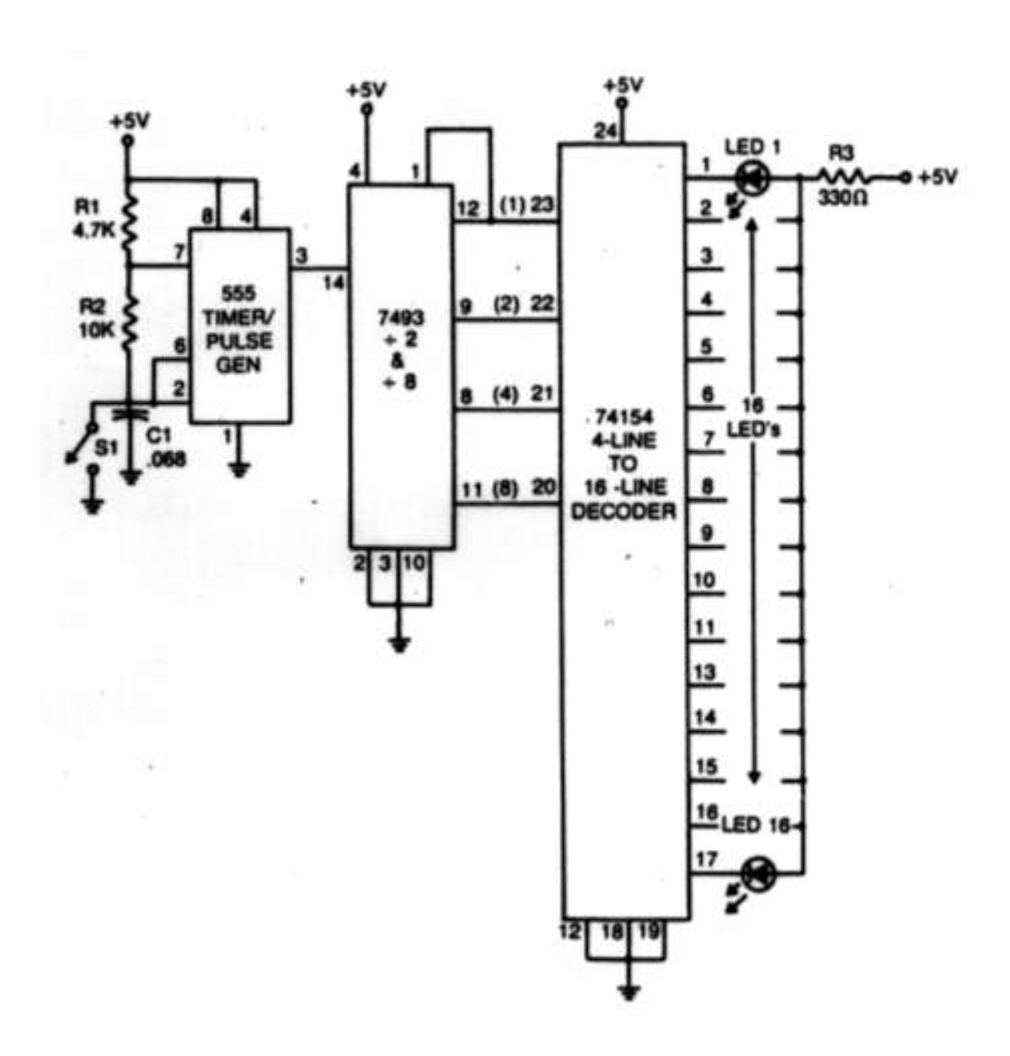
٤ -يمكن التحكم فى شدة إضاءة وحدة العرض الرقمية بتغيير حالة المدخل $\overline{BI}$ بين منخفض وعال بسرعة، ومع تغير النسبة بين زمن بقاء الموجة المربعة عاليًا إلى زمن بقاء الموجة المربعة منخفضًا تتغير شدة الإضاءة .

٥ - عندما تكون حالة جميع المداخل A0-A3 منخفضة وحالة $\overline{LT}$ عالية وحالة $\overline{RBI}$ منخفضة تصبح حالة $\overline{a}$-$\overline{g}$ عالية . وتستخدم هذه الخاصية عند استخدام أكثر من

مشغل وحدة عرض لعرض عدد يتكون من أكثر من خانة مثل خانة للآحاد وأخرى للعشرات وأخرى للمئات. فعندما يكون العدد الخارج لوحدات العرض 012 مثلاً فبهذه الخاصية يمكن منع ظهور الصفر الأيسر ويصبح العدد الظاهر هو 12 .

٣ / ١٠ / ٢ - تطبيق عملي (لوحة إعلان بإضاءة متحركة) :

الشكل (٣ - ٦٦) يعرض الدائرة الرقمية للوحة إعلانات بستة عشر مخرجًا تضيء إضاءة متحركة مع استخدام ثنائيات مشعة بدلاً من اللمبات.



شكل (٣ - ٦٦)

نظرية التشغيل :

عندما يكون مفتاح S_1 مفتوحًا يعمل المذبذب اللا مستقر المؤلف من المؤقت 555 بتوليد نبضات مربعة ترددها :

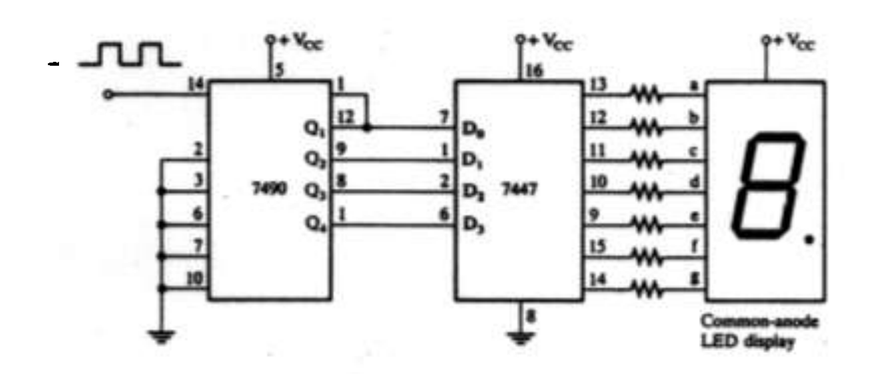
$$p = \frac{1.46}{(R_1 + 2R_2)\, C_1} = 870\ HZ$$

ويقوم العداد الثنائى 7493 بعد هذه النبضات وإخراج عددها فى صورة ثنائية .

٣ / ١٠ / ٣ - تطبيق عملى (عداد النبضات اللا مستقر من 9-0) :

الشكل (٣ - ٦٧) يعرض دائرة بسيطة لعداد نبضات لا مستقر، حيث يستخدم فيها عداد عشرى طراز 7490، والذى يتكون من عدادين : أحدهما : بمخر ج واحد Q_1 والآخر : بثلاثة مخارج Q_2, Q_3, Q_4، وحتى يعمل العداد كعداد رباعى (بأربعة مخارج) يتم إدخال النبضات على مدخل نبضات العداد الأول (الرجل 14)، ويتم توصيل المخرج Q_1 (الرجل 12) بمدخل نبضات العداد الثانى (الرجل 1) .

ويتم توصيل الأرجل 1, 2, 6, 7, 10 بالأرضى وتوصيل الرجل 5 لتهيئة العداد لعد النبضات الداخلة على مدخل نبضات العداد الأول (الرجل 14) .



شكل (٣ - ٦٧)

وعند وصول نبضات للمدخل 14 للعداد 7490 يقوم العداد بعد هذه النبضات ليخرج عدد هذه النبضات فى صورة ثنائية على مخارج العداد Q_1-Q_4، ويقوم مشغل وحدة العرض الرقمية ذات المصعد المشترك للدائرة المتكاملة 7447 بتحويل الشفرة الثنائية إلى شفرة وحدة العرض الرقمية .

والجدير بالذكر أن المخارج السبعة a-g لمشغل وحدة العرض الرقمية توصل بالمداخل السبعة a-g لوحدة العرض الرقمية من خلال مقاومة لتحديد التيار. وعادة فقيمة هذه المقاومة تساوى 330Ω.

ويظهر فى وحدة العرض الرقمية الأرقام من 0-9 ولقد سمى هذا العداد بعداد نبضات لا مستقر، لأن الرقم المعروض على وحدة العرض الرقمية يتغير كلما وصل نبضة لمدخل العداد. فإذا وصلت نبضات متلاحقة للعداد فإن هذا الرقم سيتغير بسرعة – وهذا يسبب مضايقة المشاهد – على المخارج 8,9,11,12، حيث إن رتبة المخرج 12 هى (1) ورتبة المخرج 9 هى (2) ورتبة المخرج 8 هى (4) ورتبة المخرج 11 هى (8).

وتتكرر دورة عد العداد من 0-15 ويقوم الموزع 74154 بتحويل العدد الثنائى لمكافئه السداسى عشر.

والجدول (٣ – ٦) يبين حالة مخارج الموزِّع 74154 والتى تتمثل فى الثنائيات المشعة LED_1: LED_{16} عند قيم مختلفة للنبضات الداخلة.

الجدول (٣ – ٦)

الرقم الثنائى	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6	LED 7	LED 8	LED 9	LED 10	LED 11	LED 12	LED 13	LED 14	LED 15	LED 16
0000	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0001	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0010	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0011	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0100	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0101	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0110	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off
0111	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off	off
1000	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off	off
1001	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off	off
1010	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off	off
1011	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off	off
1100	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off	off
1101	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off	off
1110	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON	off
1111	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	ON
0000	ON	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off

ويلاحظ من الجدول (٣ – ٦) أنه عند أى قيمة لعدد النبضات الثنائى الداخلة على الموزع 74154 فإنه توجد LED واحدة مضيئة، لذلك استخدمت مقاومة واحدة لتحديد تيار الثنائيات وهى R_3.

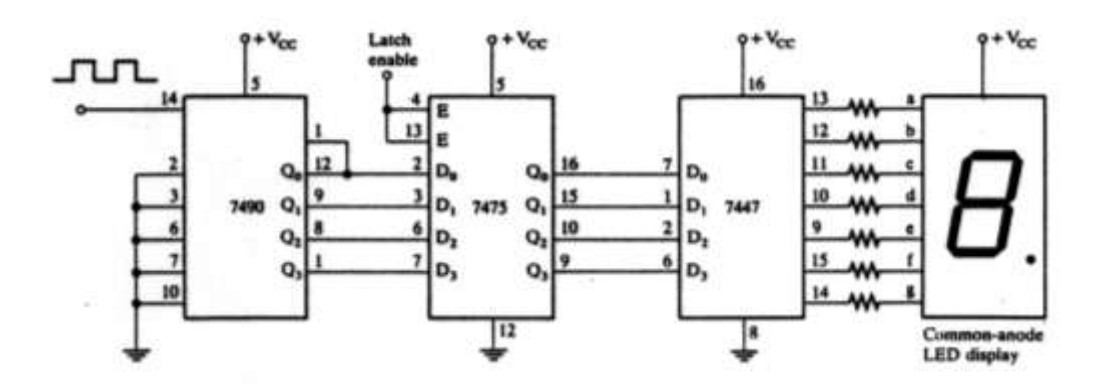
فإذا وزعت هذه الثنائيات على إطار خارجى للوحة يبدو للناظر أن الضوء يدور فى اتجاه واحد . والجدير بالذكر أنه يمكن زيادة مستوى تيار خرج الموزع 74154 باستخدام ترانزستورات قيادة Drive transistors وذلك للتحكم فى نبضات إشعال ترياكات تتحكم فى وصل وفصل لمبات متوهجة وبذلك يمكن استخدام هذه الدائرة للتحكم فى لوحة إعلانات واقعية.

٣ / ١٠ / ٤ – تطبيق عملى (عداد النبضات المستقر من 0-9) :

الشكل (٣ – ٦٨) يعرض دائرة بسيطة لعداد نبضات مستقر. وهذه الدائرة لا تختلف عن دائرة عداد النبضات اللا مستقر إلا فى إضافة دائرة الإمساك 7475 والتى توضع بين الدائرة المتكاملة للعداد العشرى 7490 ودائرة مشغل وحدة العرض الرقمية ذات المصعد المشترك 7447.

والغرض من دائرة الإمساك هو منع حدوث تغيير سريع فى الرقم المعروض على وحدة العرض الرقمية لمنع مضايقة المشاهد، حيث تقوم دائرة الإمساك بتثبيت حالة المخارج إلى أن تصل نبضة عالية لمداخل التمكين Latch enable (الأرجل 4,13) فتنتقل الحالة اللحظية للمداخل D0-D3 للمخارج Q0-Q3. ويمكن استخدام دائرة مذبذب بطيء جداً للحصول على نبضات مداخل التمكين لدائرة الإمساك.

وبذلك فإن العدد المعروض على وحدة العرض الرقمية لن يتغير لحين وصول نبضة عالية من مذبذب التمكين إلى مداخل التمكين.



شكل (٣ – ٦٨)

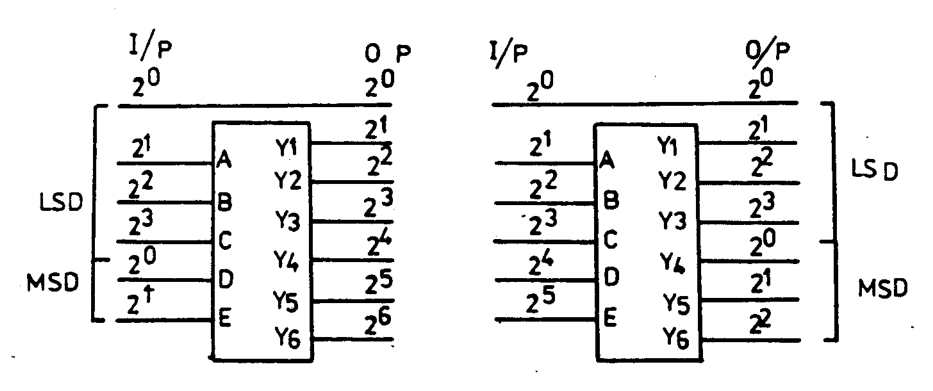
٣ / ١١ - مغيرات الشفرة Code Converters :

تنقسم مغيرات الشفرة إلى نوعين :

١ - مغيرات شفرة ثنائية إلى ثنائية مكودة عشريًا BCD

٢ - مغيرات شفرة ثنائية مكودة عشريًا إلى ثنائية .

والشكل (٣ - ٦٩) يعرض هذين النوعين .



شكل (٣ - ٦٩)

ففي (الشكل أ) مغير شفرة من ثنائي إلى BCD، ويلاحظ أنه يضاف خط خارجي يمثل مدخلاً ومخرجًا في آن واحد .

وفي (الشكل ب) مغير شفرة من BCD لثنائي، ويلاحظ أنه يضاف خط خارجي يمثل مدخلاً ومخرجًا إضافيًا لمغير الشفرة . والجدير بالذكر أن LSD تعنى الخانة الأقل رتبة (الآحاد) أما MSD تعنى الخانة الأعلى رتبة (العشرات) .

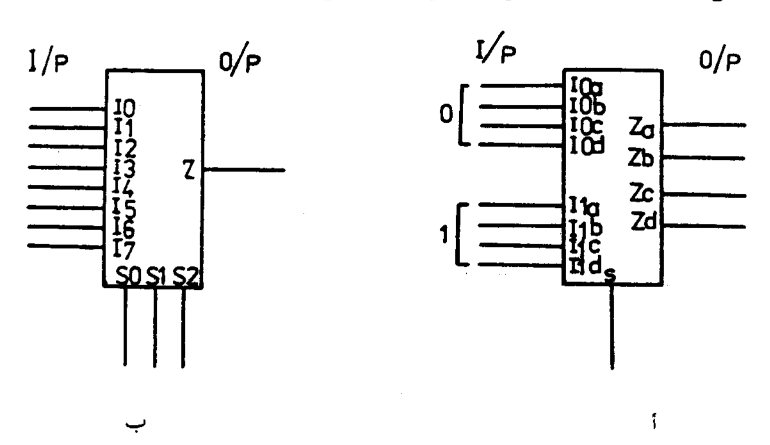
وتوجد دائرتان متكاملتان تحت عائلة TTL سلسلة ...74، الأولى طراز 74185 وتقوم بتغيير الشفرة الثنائية إلى BCD، والثانية طراز 74184 وتقوم بتغيير الشفرة BCD إلى ثنائية .

٣ / ١٢ - المجمعات Multiplexer (Mux) :

تحتوى MUX على مجموعة من قنوات الدخل وقناة واحدة للخرج ومداخل للعنوان وتحتوى كل قناة على خط واحد أو مجموعة من الخطوط . ولكل قناة دخل

عنوان محدد بحيث تقوم MUX بنقل بيانات قناة الدخل التى عنوانها يطابق العنوان المدخل من مداخل العنوان إلى قناة الخرج.

والشكل (٣ - ٧٠) يعرض نوعين مختلفين من MUX.



شكل (٣ - ٧٠)

فالشكل (أ) يعرض MUX بقناتين، دخل القناة الأولى (I_{0a}-I_{0d}) والقناة الثانية (I_{1a}- I_{1d}) وقناة خرج (Z_a-Z_d) ومدخل عنوان S. فعندما تكون حالة مدخل العنوان 0 تنتقل حالة قناة الدخل ($I0_a$ -$I0_d$) إلى قناة الخرج. وعندما تكون حالة مدخل العنوان 1 تنتقل حالة قناة الدخل (I_{1a}-I_{1d}) إلى قناة الخرج. والشكل (ب) يعرض MUX بثماني خطوط دخل (I_0-I_7) وخط خرج واحد Z وله ثلاثة مداخل عنوان (S_0-S_2)، حيث تنتقل حالة المدخل الذى رقمه يكافئ المكافئ العشرى للعنوان المدخل من مداخل العنوان (S_0-S_2) إلى الخرج.

فمثلاً: إذا كان:

$$S0 = L, \quad S_1 = H, \quad S_2 = H$$

فإن المكافئ العشرى لهذا العنوان هو:

$$Z = 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 2^2 = 6$$

وبالتالى تنتقل حالة المدخل I5 إلى المخرج Z وهكذا.

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة للمجمعات إلى :

١ - دوائر متكاملة TTL سلسلة ...74 لمجمعات من 8 خطوط لخط واحد، مثل
7435; 74355, 74356, 74357, 74151, 74152, 74251

٢ - دوائر متكاملة عائلة TTL سلسلة ...74 لمجمعات من 16 خطًا لخط واحد، مثل:
74250, 74150, 74850, 74851

٣ - دوائر متكاملة عائلة TTL سلسلة ...74 لمجمعات من 2 قناة لقناة واحدة، مثل:
74257, 74258, 74158, 74157, 74298

٤ - دوائر متكاملة عائلة TTL سلسلة ...74 لمجمعات من 4 قنوات لقناة واحدة، مثل:
74153, 74352, 74353

٣ / ١٣ - الذاكرات Memories:

وهى أداة تقوم بتخزين المعطيات أو المعلومات والتعليمات التى يتطلبها جهاز إلكترونى كالحاسب أو الميكروبروسيسور بشفرة ثنائية. وهناك نوعان من الذاكرات وهما:

١ - الذاكرات الابتدائية Primary Memories وتصنع من أشباه الموصلات وتنقسم بدورها إلى:

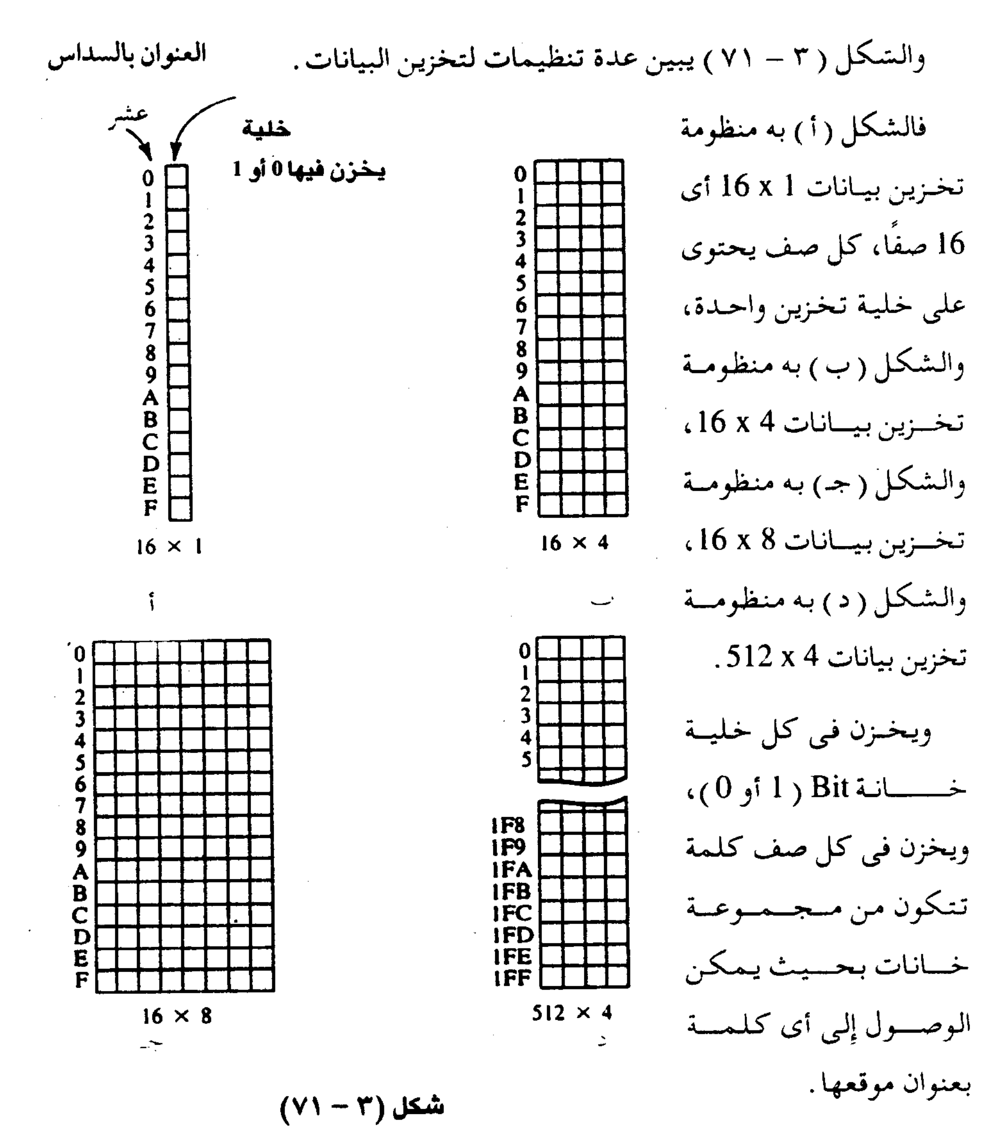
أ - ذاكرات قراءة وكتابة Read/ Write وهذه الذاكرات تفقد محتوياتها، مثل RAM.

ب- ذاكرات القراءة فقط Read only وهذه الذاكرات تتميز بأنها تفقد محتوياتها مثل: ROM, EEPROM, PROM EPROM.

٢- الذاكرات الثانوية Secondary Memories مثل الذاكرات المغناطيسية Magnetic المستخدمة مع أجهزة الكمبيوتر كالأقراص المرنة والقرص الصلب وشرائط التسجيل... إلخ.

وسنكتفى فى هذا الكتاب بإلقاء الضوء على الذاكرات الابتدائية، حيث تخزن البيانات فى الذاكرات المصنوعة من أشباه الموصلات فى صفوف. كل منها يتألف من خلية واحدة أو أربعة أو 16 خلية، ويخصص لكل صف عنوان.

والشكل (٣ - ٧١) يبين عدة تنظيمات لتخزين البيانات.



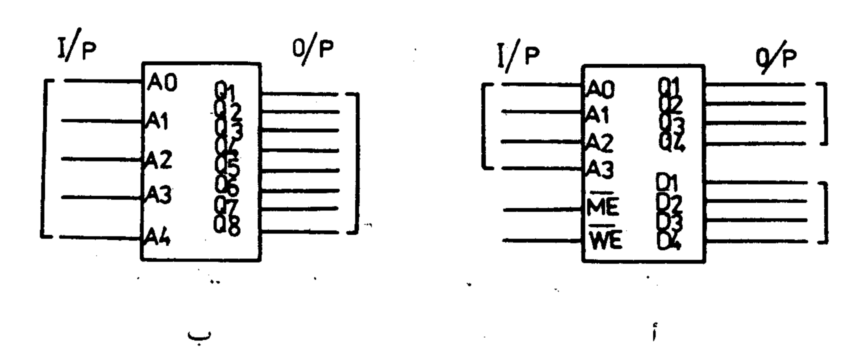
فالشكل (أ) به منظومة تخزين بيانات 16 x 1 أى 16 صفاً، كل صف يحتوى على خلية تخزين واحدة، والشكل (ب) به منظومة تخزين بيانات 16 x 4، والشكل (جـ) به منظومة تخزين بيانات 16 x 8، والشكل (د) به منظومة تخزين بيانات 512 x 4.

ويخزن فى كل خلية خانة Bit (1 أو 0)، ويخزن فى كل صف كلمة تتكون من مجموعة خانات بحيث يمكن الوصول إلى أى كلمة بعنوان موقعها.

شكل (٣ - ٧١)

ففى ذاكرات RAM يمكن الوصول إلى أى موقع بطريقة عشوائية، وبالتالى يمكن قراءة محتويات RAM بدون ترتيب. فليس من الضرورى البدء بقراءة الكلمة الأولى وصولاً للكلمة المطلوب قراءتها. وقراءة كلمة لا تمحها من الذاكرة، كما أنه يمكن كتابة كلمة جديدة فى أى عنوان بطريقة عشوائية (بدون ترتيب) ويقال عن الذاكرة RAM أنها طيارة Volaitle لأنها تفقد محتوياتها بمجرد انقطاع المصدر الكهربى عنها.

والشكل (٣ - ٧٢) يبين نموذجًا لذاكرة تخزين RAM, EPROM, EEPROM (الشكل أ) وذاكرة تخزين PROM (الشكل ب) .



شكل (٣ - ٧٢)

التعريف بأطراف الذاكرة RAM, EPROM, EEPROM :

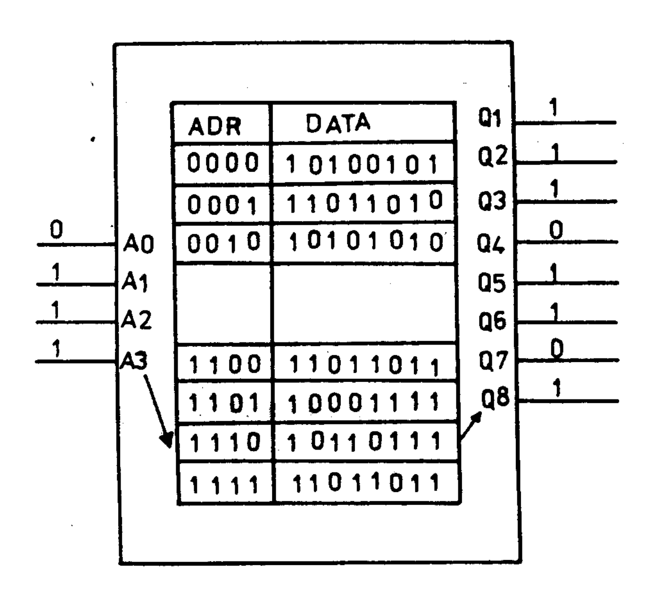
مداخل العنوان	A_0-A_3
مخارج الذاكرة	Q_1- Q_4
مداخل البيانات	D_1 -D_4
مدخل التمكين (اختيار الوظيفة)	$\overline{ME}$
مدخل القراءة والكتابة	$\overline{WE}$

فيمكن كتابة أى بيانات مدخلة من المداخل D_1-D_4 فى الذاكرة عندما تكون حالة $\overline{ME},\overline{WE}$ منخفضة . ويمكن قراءة أى بيانات مخزنة فى الذاكرة من المخارج Q_1_Q_4 عندما تكون $\overline{ME}$ منخفضة وحالة $\overline{WE}$ عالية .

التعريف بأطراف الذاكرة PROM :

مداخل العنوان	A_0- A_4
مخارج الذاكرة	Q_1- Q_8

والشكل (٣ - ٧٣) يوضح كيفية قراءة كلمة مخزنة فى الذاكرة PROM (أى نقل محتوياتها للخارج) وذلك بتحديد عنوانها من مداخل العنوان .



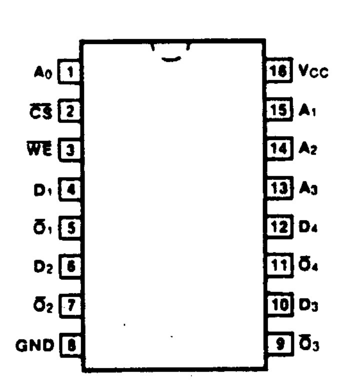
شكل (٣ - ٧٣)

٣ / ١٣ / ١ - الدوائر المتكاملة للذاكرات:

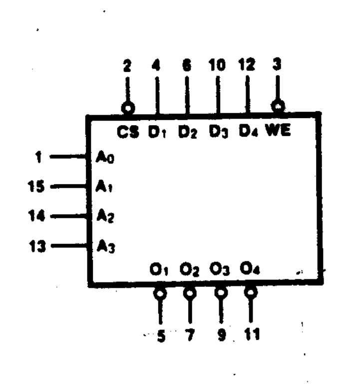
أولاً: الدوائر المتكاملة لذاكرات RAM:

سنستعرض الدائرة المتكاملة 7489 والتى تصل سعتها إلى (64 bit) منظمة على النحو التالى 16 x 4، أى 16 صفًا وأربعة أعمدة.

والشكل (٣ - ٧٤) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة RAM طراز 7489، وكذلك الرمز المنطقى وجدول الوظيفة.



أ



ب

INPUTS		OPERATION	CONDITION OF OUTPUTS
$\overline{CS}$	$\overline{WE}$		
L	L	Write	Complement of Data Inputs
L	H	Read	Complement of Selected Word
H	L	Inhibit Entry	Undetermined
H	H	Hold	(Off) HIGH

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level

جـ

شكل (٣ - ٧٤)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة 7489 :

مداخل العنوان	A0-A3
مدخل تمكين القراءة ويكون فعالاً عندما تكون حالته منخفضة	$\overline{CS}$
مدخل تمكين القراءة ويكون فعالاً عندما تكون حالته منخفضة	$\overline{WE}$
مداخل البيانات	D1- D4
مخارج البيانات المعكوسة	$\overline{O}_1$- $\overline{O}_4$

نظرية عمل الدائرة المتكاملة 7489 :

١ - يمكن كتابة أى بيانات مدخلة من المداخل D1-D4 ، وذلك عندما تكون حالة $\overline{CS},\overline{WE}$ منخفضة وتكون حالة المخارج $\overline{O}_1$-$\overline{O}_4$ هى معكوس حالة المداخل المقابلة .

٢ – يمكن قراءة أى بيانات مخزنة فى RAM وذلك بالمحافظة على حالة $\overline{CS},\overline{WE}$ منخفضة وتكون حالة مخارج الدائرة المتكاملة $\overline{O}_4$ $\overline{O}_1$ هى معكوس حالة الكلمة المخزنة داخل RAM.

٣– يمكن المحافظة على حالة الكلمات المخزنة داخل RAM، وذلك بجعل حالة $\overline{CS}$, $\overline{WE}$ عالية.

٤ – عندما تكون حالة $\overline{CS}$ عالية وحالة $\overline{WE}$ منخفضة فإن حالة المخارج $\overline{O}_1$-$\overline{O}_4$ تكون غير محددة.

ثانياً : الدوائر المتكاملة لذاكرات EPROM :

سنستعرض الدائرة المتكاملة 2716 وهى ذاكرة EPROM، تبلغ سعتها 2KB منظمة على النحو التالى (256 x 8)، أى 256 صفاً وثمانية أعمدة.

والشكل (٣–٧٥) يبين المسقط الأفقى لهذه الذاكرة.

والجدير بالذكر أنه يوجد شباك صغير من الزجاج فى منتصف الدائرة المتكاملة، ويستخدم هذا الشباك فى مسح هذه الذاكرات، وذلك بتعريضه لأشعة فوق بنفسجية تصدر من لمبة أشعة فوق بنفسجية على مسافة 3 cm لفترة زمنية تتراوح ما بين (10-40min)، وهذه الفترة تعتمد على مواصفات المصنعين.

شكل (٣ – ٧٥)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة 2716 :

مخارج الذاكرة	D_0-D_7
مداخل العنوان	A_0 - A_{10}
مدخل تمكين الدائرة المتكاملة	$\overline{CE}$/PGM
مدخل تمكين المخارج	$\overline{OE}$
مدخل جهد البرمجة	V_{PP}

مدخل الجهد الموجب V_{CC}

مدخل الأرضى GND

والجدول (٣ – ٦) يبين الحالات المختلفة لتشغيل ذاكرة EPROM طراز 2716.

حيث إن:

جهد دخل منخفض V_{IL}

جهد دخل مرتفع V_{IH}

جهد مرتفع أو منخفض X

خروج البيانات المخزنة على المخارج D_{out}

تخزين البيانات الداخلة D_{IN}

الجدول (٣ – ٦)

الرجل / الحالة	$\overline{CE}$/PGM	$\overline{OE}$	V_{PP}	V_{CC}	Q_0-Q_7
قراءة	V_{IL}	V_{IL}	+ 5 V	+ 5 V	D_{out}
برمجة	نبضة V_{IL} أو نبضة V_{IH}	V_{IH}	+ 25 V	+ 5 V	D_{IN}
فحص البرنامج	V_{IL}	V_{IL}	+ 25 V	+ 5 V	D_{out}

الدوائر المتكاملة للذاكرات PROM:

سنستعرض فى هذه الفقرة الدائرة المتكاملة 74188 وهى ذاكرة PROM تبلغ سعتها 256 bit منظمة على الشكل التالى 32 x 8.

والشكل (٣ – ٧٦) يعرض المسقط الأفقى لهذه الدائرة المتكاملة.

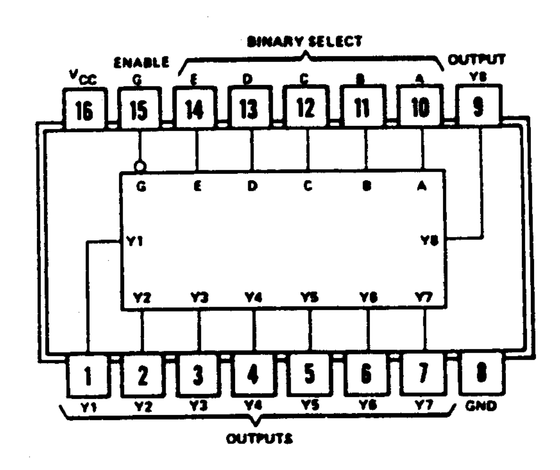
التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة:

مخارج الذاكرة Y_0 - Y_8

مداخل العنوان A-E

مداخل التمكين (فعالة عند الحالة المنخفضة) G

مدخل الجهد الموجب	Vcc
مدخل الأرضى	GND



شكل (٣ - ٧٦)

وقبل برمجة الذاكرة PROM طراز 74188 تكون حالة جميع خلايا الذاكرة منخفضة.

وهناك عدة خطوات متبعة لبرمجة ذاكرة PROM وهى كالآتى:

١ - صل جهداً V 5 + للرجل Vcc وأدخل عنوان الكلمة المطلوب إدخالها على مداخل العنوان A-E.

٢ - صل جهداً منطقياً عالياً لمدخل التمكين G أى V 5 +.

٣ - افصل جميع المخارج عدا المخرج المطلوب جعل حالته عالية.

٤ - ارفع جهد الرجل Vcc إلى V 10 + وفى نفس الوقت اجعل جهد مدخل التمكين G منخفضاً؛ علماً بأن مصدر القدرة يجب أن يكون قادراً على إمداد تيار مقداره 100 mA عند جهد 10V. وبعد مرور 1s تقريباً أعد جهد مدخل التمكين للحالة المنطقية العالية وكذلك جهد الرجل Vcc إلى V 5 +.

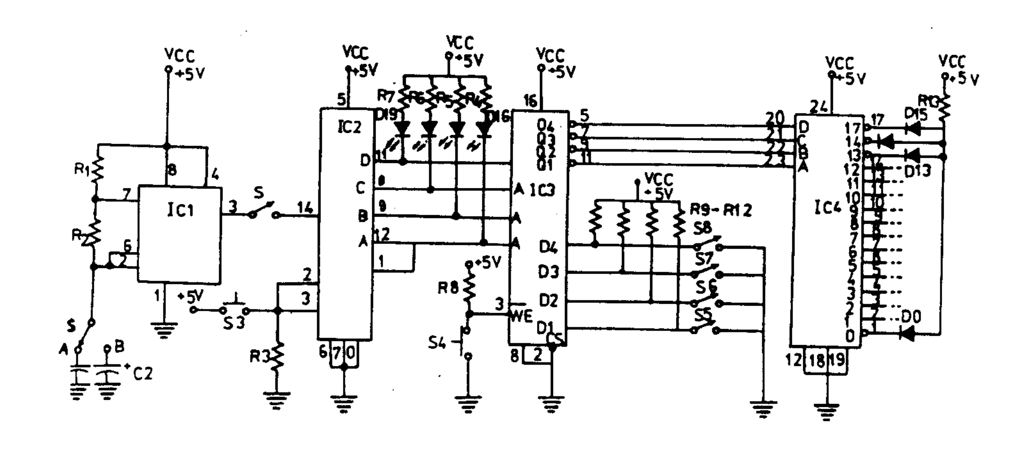
٥ - كرر الخطوات 2,3,4 لكل المخارج المطلوب جعل حالتها عالية لكل عنوان. فمثلاً: إذا كانت الكلمة المطلوب إدخالها على العنوان المختار هى 11010010 فيجب أن تكرر الخطوات 2,3,4 للمخرج Y2, Y5, Y7, Y8 لإدخال هذه الكلمة.

٦ – كرر الخطوات 2,3,4,5 لكل العناوين المطلوب برمجتها بحالة عالية.

والجدير بالذكر أن طريقة البرمجة لذاكرات PROM تختلف تبعًا لنوع الدائرة المتكاملة، وعلى كل حال فإن طريقة البرمجة تعطى من قبل الشركات المصنعة فى كتب البيانات Data books.

١٣ / ١٣ / ٢ – تطبيق عملى (لوحة الإعلانات المبرمجة):

الشكل (٣ – ٧٧) يعرض دائرة التحكم الرقمية فى لوحة إعلانات مبرمجة تستخدم ذاكرة RAM.



شكل (٣ – ٧٧)

عناصر الدائرة:

R_1	مقاومة كربونية 1 M Ω
R_2-R_3	مقاومة كربونية 1 K Ω
R_4-R_7	مقاومة كربونية 620 Ω
R_{13}	مقاومة كربونية 620 Ω
R_8-R_{12}	مقاومة كربونية 10 K Ω
C_1	مكثف كيميائى سعته 5 μf وجهده 10 V
C_2	مكثف كيميائى سعته 1000 μf وجهده 10 V

مؤقت NE 555	IC_1
عداد ثنائى طراز 7493	IC_2
ذاكرة RAM سعتها 4 x 16 طراز 7489	IC_3
موزع DMUX فى خط من ستة عشر طراز 74154	IC_4
مفتاح قطب واحد سكتين	S_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_2
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S_5-S_8
ضواغط بريشة مفتوحة NO	S_3-S_4
ثنائيات مشعة قياسية	D_0-D_{15}

خطوات برمجة الذاكرة RAM :

يوضع المفتاح S_1 على وضع A لتشغيل مولد نبضات الساعة المؤلف من المؤقت 555 بمعدل نبضة كل خمس ثوان، وبالضغط على S_3 تعود كل مخارج العداد الثنائى 7493 إلى الصفر فتضىء جميع الثنائيات المشعة D_{16}-D_{19}، وهذا يمثل العنوان 0000 للعداد. وباستخدام المفاتيح S_5-S_8 يتم تجهيز الكلمة المطلوب إدخالها على العنوان 0000 وبالضغط على S_1 تنتقل هذه الكلمة فى الموضع الذى عنوانه 0000 فى ذاكرة RAM، وعند وصول نبضة للمدخل 14 للعداد الثنائى 7493 يصبح خرج العداد مساويًا 0001، حينئذ يتم تجهيز الكلمة المطلوب إدخالها على هذا العنوان بواسطة المفاتيح S_5-S_8، ثم الضغط على الضاغطS_4 لإدخالها وهكذا.

وبهذه الطريقة يمكن تعبئة الذاكرة RAM طراز 7489 علمًا بأن خرج هذه الدائرة المتكاملة هو معكوس الكلمات المخزنة فيها.

والجدول (٣ – ٧) يبين أحد المقترحات للكلمات التى يمكن إدخالها فى مواضع الذاكرة المختلفة.

الجدول (٣ - ٧)

الكلمة المخرجة من RAM	الكلمة المدخلة إلى RAM	الثنائى المضىء	العنوان
0000	1111	D_0	0000
0001	1110	D_1	0001
0010	1101	D_2	0010
0011	1100	D_3	0011
0100	1011	D_4	0100
0101	1010	D_5	0101
0110	1001	D_6	0110
0111	1000	D_7	0111
1000	0111	D_8	1000
1001	0110	D_9	1001
1010	0101	D_{10}	1010
1011	0100	D_{11}	1011
1100	0011	D_{12}	1100
1101	0010	D_{13}	1101
1110	0001	D_{14}	1110
1111	0000	D_{15}	1111

نظرية التشغيل :

١ - يوضع المفتاح S_1 على وضع B فيعمل المؤقت 555 كمذبذب لا مستقر بمعدل نبضة كل ثانية، أى بتردد 1HZ (لمزيد من المعلومات اطّلع على الباب الخامس).

٢ - نضغط على الضاغط S_3 لتحرير العداد 7493 والبدء من الصفر فيكون خرج العداد 0000 فى الثانية الأولى، وهذا يمثل عنوان الكلمة المخزنة فى ذاكرةRAM فتخرج الكلمة 0000 على المخارج Q_1-Q_4 للدائرة المتكاملة للذاكرة (انظر الجدول (٣-٧) ويقوم الموزع DMUX طراز 74156 بتحويل حالة المخرج الذى عنوانه يكافئ المكافئ العشرى لكلمة العنوان من مرتفع لمنخفض فيضىء الثنائى D_0 . وفى الثانية الثانية يكون خرج العداد 0001 فتخرج الكلمة 0001 على المخارج Q_1-Q_4 للدائرة المتكاملة للذاكرة 7489 (انظر الجدول ٣-٧) .

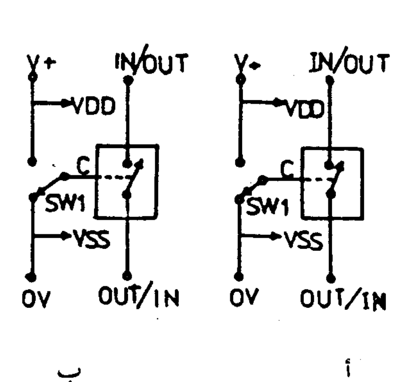
ويقـوم الموزع DMUX طراز 74154 بتـحـويل حـالة المخـرج المكافئ للمكافئ العـشرى لهـذه الكلمة من مرتفع لمنخفض فيضىء الثنائى D_1 وهكذا. وعند الثانية السادسة عشر تصل النبضة رقم 16 على مدخل النبضات (14) للعداد 7493 فيصبح خرج العداد الثنائى 1111 فتنتقل الكلمة 1111 للمخارج Q_1 - Q_4 للذاكرة 7489 ويقوم DMUX طراز 74154 بتحويل حالة المخرج المكافئ للمكافئ العشرى لهذه الكلمة من مرتفع لمنخفض فيضىء الثنائى D_{15}. وفى الثانية السابعة عشرة تصل النبضة رقم 17 لمدخل نبضات العداد 7493 فتتحرر جميع مخارج العداد، وتتكرر دورة العد للعداد ويضىء الثنائى D_0 وتتكرر دورة التشغيل من جديد.

٣ / ١٤ - المفتاح الثنائى الاتجاه CMOS :

يستخدم هذا المفتاح لتوصيل أو قطع الإشارات الرقمية أو الإشارات التناظرية. ولهذا المفتاح طرفان، كل طرف يمكن أن يكون مدخلاً أو مخرجًا للتيار؛ لذلك سمى بمفتاح ثنائى الاتجاه CMOS Bilateral Switch.

والشكل (٣ – ٧٨) يبين طريقة استخدام المفتاح الثنائى الاتجاه CMOS.

فالشكل (أ) يبين طريقة تشغيل مفتاح CMOS ثنائى الاتجاه فى وصل وقطع الإشارات التناظرية. فعند توصيل مدخل التحكم C للمفتاح بالجهد السالب -V الموصل بالجهد V_{SS} يتحول المفتاح لحالة القطع. وعند توصيل مدخل التحكم C بالجهد الموجب +V الموصل بالجهد V_{DD} يتحول المفتاح لحالة الوصل ويجب ألا يتعدى التغير فى جهد الإشارة الرقمية أقصى قيمة موجبة V_{DD} وأقصى قيمة سالبة V_{SS}.



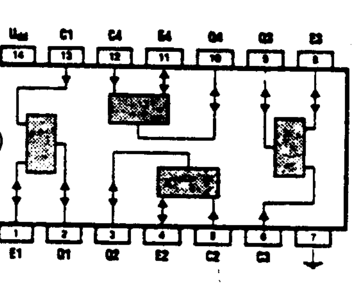
شكل (٣ – ٧٨)

الشكل (ب) يبين طريقة تشغيل مفتاح CMOS ثنائى الاتجاه فى وصل وقطع الإشارات الرقمية. فعند توصيل مدخل التحكم C بالجهد الموجب +V الموصل بالجهد V_{DD} يتحول المفتاح لحالة الوصل ON. وعادة فإن مفتاح CMOS ثنائى

الاتجاه يسبب تشويها مقداره 0.5 % عند استخدامه فى وصل وقطع الإشارات التناظرية .

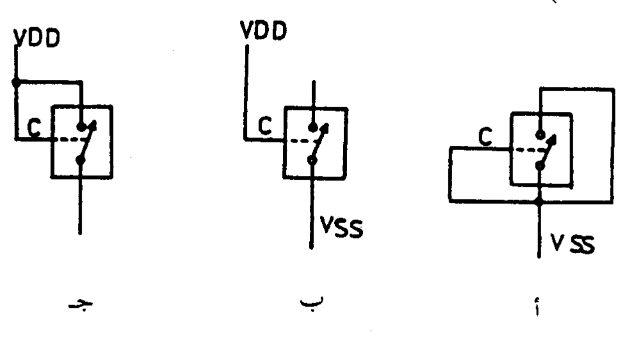
والجدير بالذكر أنه يوجد بعض الدوائر المتكاملة للمفاتيح CMOS ثنائية الاتجاه مصممة للعمل على قطع ووصل الإشارات التناظرية باستخدام جهد تحكم أحادى القطبية $(+V_{DD}, 0V)$.

والشكل (٣ – ٧٩) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 4066 B والدائرة المتكاملة 40161 B، وكلاهما يحتوى على أربعة مفاتيح CMOS، علماً بأن خطوط التحكم للأربعة مفاتيح CMOS هى C_1, C_2, C_3, C_4



شكل (٣ – ٧٩)

ويجب توصيل أى مفتاح لا يستخدم فى الدائرة المتكاملة بأحد الطرق الموضحة بالشكل (٣ – ٨٠).



شكل (٣ – ٨٠)

الباب الرابع

مكبرات العمليات

Operational Amplifiers

مكبرات العمليات

Operational Amplifiers

٤ / ١ – مقدمة :

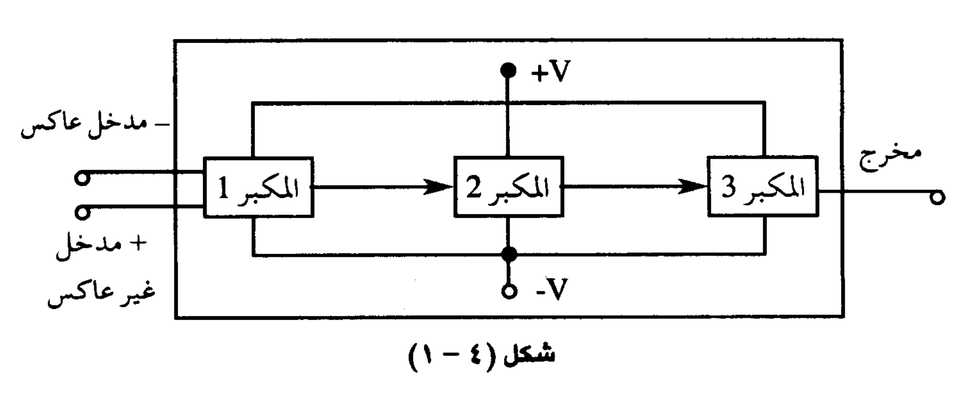
يعتبر مكبر العمليات عنصراً أساسيًا فى بناء معظم دوائر التحكم الاسترجاعى، وهو يتكون من دوائر معقدة مجمعة فى دائرة متكاملة IC . ولمكبر العمليات قدرة كبيرة على تكبير إشارات المداخل المستمرة والمترددة . والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام مكبر العمليات لأداء العديد من الوظائف باستخدام مجموعة من العناصر الخارجية .

والشكل (٤ – ١) يبين المخطط البلوكى لمكبر العمليات والذى يفهم منه أن **مكبر العمليات يتكون من ثلاثة مكبرات وهى :**

١ – مكبر تفاضلى له مقاومة دخل كبيرة (1) .

٢ – مكبر جهد له معامل كسب عالى (2) .

٣ – مكبر بمقاومة خرج صغيرة (3) .



شكل (٤ – ١)

ويلاحظ أن المكبر التفاضلى له مدخلان أحدهما : يأخذ إشارة سالبة ويسمى مدخلاً عكسيًا Inverting والآخر يأخذ إشارة موجبة ويسمى مدخلاً غير عاكس Non Inverting .

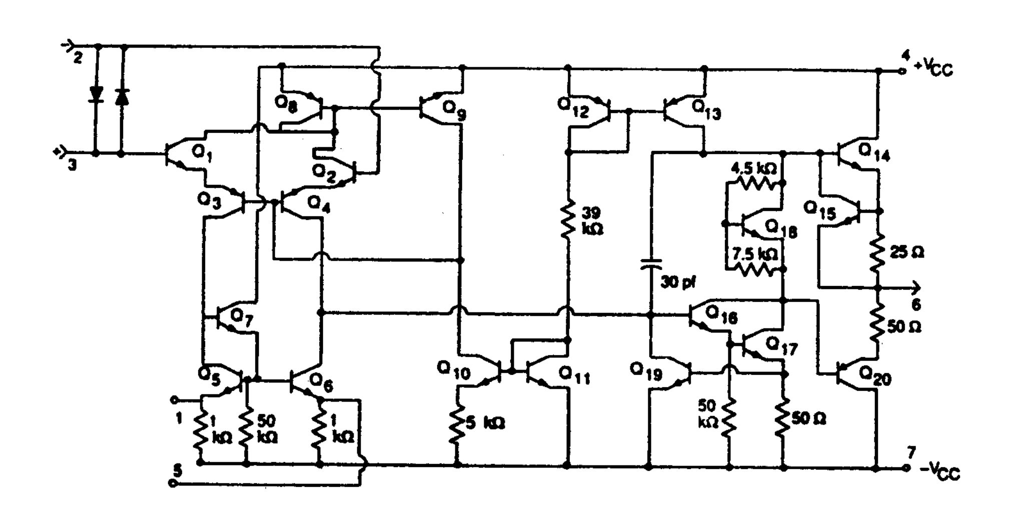
وفيما يلى أهم خصائص مكبر العمليات :

١ – له مقاومة دخل كبيرة تؤدى إلى تقليل تيار الدخل ليقترب من الصفر.فمثلاً : يساوى 0.08 µA لمكبر العمليات طراز 741.

٢ – معامل كسب الدائرة المفتوحة كبير جداً، فمثلاً : يساوى 100000 للمكبر 741، لذلك فإن دخلا صغيراً جداً من الجهد يمكن أن يخرج كبيرا.

٣ – مقاومة خرج صغيرة تتأثر تأثراً صغيراً بدوائر الأحمال الأخرى.

والشكل (٤ – ٢) يعرض الدائرة الإلكترونية لمكبر العمليات 741.

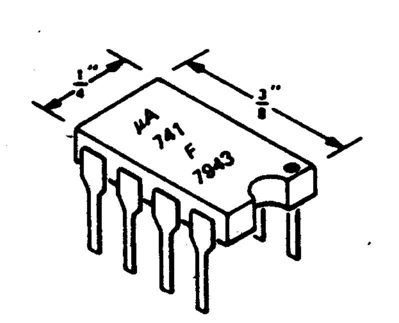


شكل (٤ – ٢)

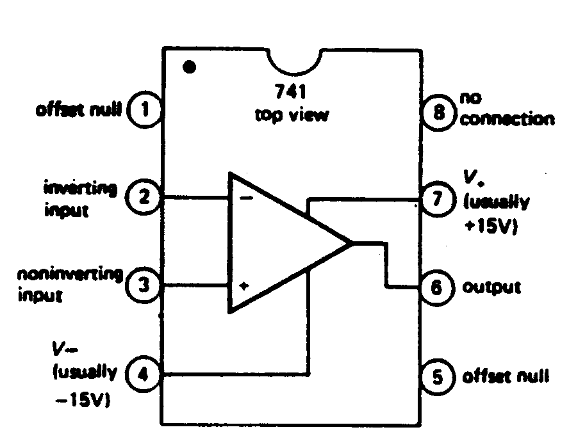
ولحسن الحظ أنه يمكن استخدام مكبر العمليات بدون الدخول فى تفاصيل عن تركيبه الداخلى لصعوبة ذلك.لذلك سوف نتعامل مع الأطرف الخارجية لمكبرات العمليات. ويلاحظ من رمز مكبر العمليات أن مكبر العمليات له مدخلان، أحدهما عاكس (–) والآخر غير عاكس (+) ومخرج **output**.

والجدير بالذكر أن هناك أطرافًا أخرى لمكبر العمليات لا تظهر فى الرمز فى أغلب الأحيان، وسوف نتعرض لباقى هذه الأطراف فيما بعد.

والشكل (٤ – ٣) يعرض نموذجًا لمكبر عمليات 741 من نوع DIL (أى له أرجل فى صفين) وكذلك مسقطًا أفقيًا يبين جميع المداخل والمخارج ووظيفة كل منها.



ويلاحظ وجود تجويف نصف دائرى على أحد جانبى الدائرة المتكاملة، وحتى يمكن معرفة أرقام أرجل الدائرة المتكاملة نمسك الدائرة المتكاملة باليد بحيث يكون التجويف فى اليسار فتكون الرجل اليسرى هى الرجل رقم 1 ويكون العد فى عكس اتجاه عقارب الساعة.



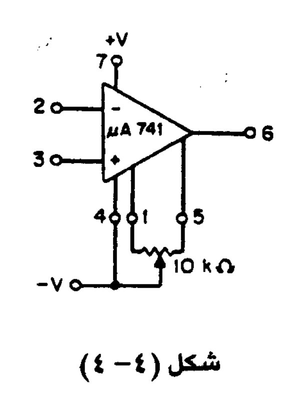
شكل (٤ – ٣)

التعريف بوظيفة أرجل الدائرة المتكاملة :

الرجل 1	ضبط الخرج عند الصفر
الرجل 2	المدخل العاكس
الرجل 3	المدخل غير العاكس
الرجل 4	منبع الجهد السالب ويساوى -15V
الرجل 5	ضبط الخرج عند الصفر.
الرجل 6	الخرج ويؤخذ من الإشارة المكبرة
الرجل 7	منبع الجهد الموجب ويساوى +15V
الرجل 8	غير مستخدم

ويستخدم الطرفان 5,1 لضبط الخرج عند الصفر، حيث يوصل بينهما مجزئ جهد 10kΩ ، ويوصل الطرف المنزلق للمجزئ بالطرف السالب للمنبع. وعندما ترتفع درجة حرارة المكبر يتواجد خرج للمكبر حتى ولو لم يكن هناك دخل على الطرفين 2,3، وفى هذه الحالة يمكن بواسطة مجزئ الجهد الوصول لخرج مساو للصفر. والشكل (٤ - ٤) يوضح طريقة ضبط الخرج عند الصفر.

٤ / ٢ - المصطلحات الفنية لمكبرات العمليات :



شكل (٤- ٤)

فيما يلى أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع مكبرات العمليات :

١ - جهد الدخل المعادل Input offset Voltage (VIO) : وهو الجهد الواجب تطبيقه بين المدخلين لنحصل على جهد خرج صفرى ويساوى 1 mv لمكبر العمليات μA 741.

٢ - تيار الدخل المعادل Input offset Current (Ios) : وهو الفرق بين تيارات المدخلين عندما يكون الخرج فى حالة جهد صفرى ويساوى 20 nA لمكبر العمليات 741.

٣ - تيار الدخل الانحيازى Input Bias Current (IIO) : وهو متوسط تيارات المدخلين عندما يكون الخرج فى حالة جهد صفرى.

٤ - جهد الدخل التفاضلى Differential Input Voltage (VID) : وهو فرق الجهد الأقصى بين المدخلين العاكس وغير العاكس.

٥ - كسب الجهد للدائرة المفتوحة Open Loop gain (Av) : وهو النسبة بين جهد الخرج وجهد الدخل عندما تكون مقاومة الحمل 2 KΩ.

٦- مقاومة الدخل InPut Resistance (RI) وهى المقاومة بين كل من المدخلين والأرضى.

٧ - مقاومة الخرج Output Resistance (Ro) : وهى المقاومة بين كل من الخرج والأرضى.

٨ – معدل الإمالة Slew Rate (SR) : ويساوى النسبة بين التغير فى جهد الخرج إلى زمن هذا التغير عندما تكون مقاومة الحمل R_L مساوية 2 KΩ.

$$SR = \frac{\Delta V_O}{\Delta t}$$

وهو يساوى 0.5 V/ µS لمكبرات العمليات µ A 741.

٩ – النطاق العـرضى للتـرددات Band width (BW) وهو حـدود التـرددات التى يعمل عندها المكبر باستقرار.

١٠ – حاصل ضرب النطاق العرضى فى الكسب (GBW) ونحصل عليه من المعادلة التالية:

$$GBW = Av \times BW$$

وهو يساوى 1 MHZ لمكبر العمليات µA741.

والجدول (٤ – ١) يعقد مقارنة بين الخواص الفنية لبعض مكبرات العمليات.

الجدول (٤ – ١)

المتغير	709	201	301	741
تيار الدخل الانحيازى (I_{OA}) بوحدة (nA)	1500	1500	250	500
جهد الدخل المعادل V_{IO} بوحدة mv	7.5	7.5	7.5	6
تيار الدخل الانحيازى I_{OS} بوحدة nA	500	200	50	200
حاصل ضرب الكسب فى النطاق الترددىGBW بوحدة (MHZ)	1	1	1	1
معامل الإمالة SW بوحدة V/µS	3	2	2	0.5
مقاومة الدخل R_I بوحدة (MΩ)	0.7	4.0	2.0	2.0

٤ / ٣ – الدوائر الأساسية لمكبرات العمليات :

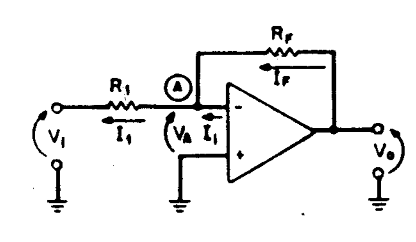
حيث إن معامل تكبير الدائرة المفتوحة Open Loop لمكبرات العمليات يكون كبيرًا ويصل إلى 200000؛ لذا فإن مكبرات العمليات عادة لا تستخدم فى دوائر مفتوحة ولكن تستخدم فى دوائر مغلقة Closed Loop، ولكى يكون المكبر فى

حالة استقرار فإن هذا الغلق يتم بواسطة تغذية خلفية سالبة Negative feed back؛ لذلك يتم توصيل مقاومة بين الخرج والدخل السالب.

وتوجد عدة تطبيقات لمكبرات العمليات سنتناولها فى الفقرات التالية.

٤ / ٣ / ١ - المكبر العاكس Inverting Amplifier:

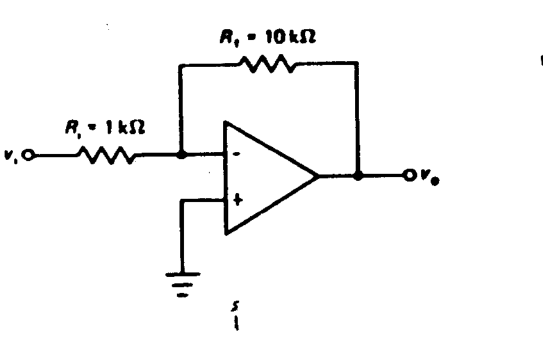
الشكل (٤ – ٥) يعرض دائرة مكبر عمليات يعمل كمكبر عاكس. وتسمى المقاومة RF بمقاومة التغذية الخلفية أما المقاومة R1 فهى مقاومة توالى توصل بين الطرف السالب – للمكبر وإشارة الدخل المطلوب تكبيرها، ويكون معامل كسب الجهد (معامل التكبير) Av مساوياً.

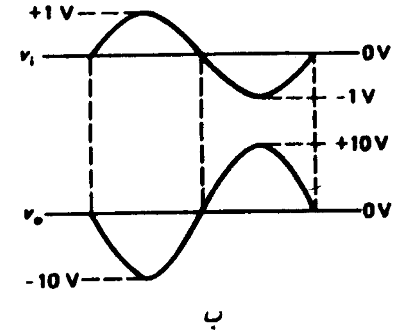


شكل (٤ – ٥)

$$A_v = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R_F}{R_1} \longrightarrow 4.2$$

ولمزيد من الإيضاح إليك المثال الموضح بالشكل (٤ – ٦)





شكل (٤ – ٦)

فإذا كانت إشارة الدخل Vi عبارة عن موجة جيبية قيمتها العظمى 1V + فإن إشارة الخرج V0 ستكون موجة جيبية أيضاً بإزاحة °180 وقيمتها العظمى 10V حيث إن معامل كسب الدائرة يساوى:

$$A_v = \frac{-R_F}{R_1} = \frac{-10}{1} = -10$$

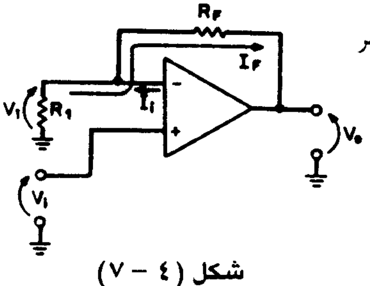
ويجب ملاحظة أن جهد الخرج فى هذه الحالة لن يتعدى جهد منبع التغذية وهو ±15V مهما كانت قيمة جهد الدخل وقيمة معامل الكسب؛ لأن المكبر سوف يكون فى حالة تشبع. ومن الناحية العملية فإن الطرف الموجب للمكبر لا يوصل مباشرة بالأرضى بل يوصل من خلال مقاومة R_P تساوى:

$$R_P = \frac{R_1 R_F}{R_1 + R_F} \longrightarrow 4.3$$

وهذه المقاومة تعمل على ضبط أى حيود للخرج عن الصفر فى حالة ما إذا كان الدخل على طرفى المكبر مساويًا صفرًا.

٤ / ٣ / ٢ - المكبر غير العاكس Non Inverting Amplifier :

الشكل (٤ - ٧) يعرض دائرة مكبر العمليات الذى يعمل كمكبر غير عاكس. ويلاحظ أن إشارة الدخل يسمح لها بالدخول على المدخل غير العاكس للمكبر +.



شكل (٤ - ٧)

وفيما يلى معادلة كسب الجهد للمكبر غير العاكس:

$$A_V = \frac{V_0}{V_i} = 1 + \frac{R_F}{R_1} \longrightarrow 4.4$$

فإذا كانت $R_1 = 10\ K\Omega,\ R_F = 20\ k$

ودخلت موجة جيبية على المدخل العاكس وكانت القيمة العظمى لها $\pm 1\ V$ فإن القيمة العظمى لجهد الخرج V_0 تساوى:

$$V_0 = A_V V_i = (1 + \frac{R_F}{R_1})\ v_i$$

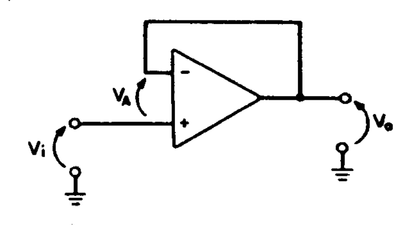
$$= (1 + \frac{20}{10}) \pm 1 = \pm 3\ V$$

والشكل (٤ - ٨) يبين العلاقة بين V_i مع الزمن، وكذلك V_0 مع الزمن. ويلاحظ أنه لا توجد إزاحة وجهين V_0, V_i.

شكل (٤ - ٨)

٤ / ٣ / ٣ - مكبر الوحدة Unity Follower :

هذا المكبر يعطى جهد خرج V_0 مساوياً تقريباً لجهد الدخل V_i فى القيمة وله نفس القطبية، لذلك سمى بمكبر الوحدة، وهو يستخدم عادة فى العزل. والشكل (٤ - ٩) يعرض دائرة مكبر وحدة غير عاكس.



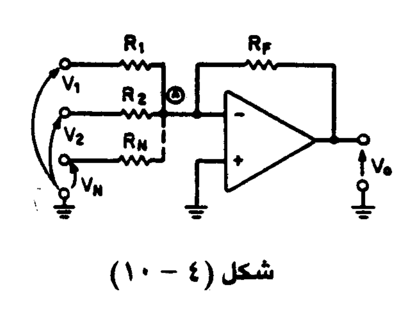
شكل (٤ - ٩)

ويكون معامل الكسب مساوياً :

$$Av = \frac{V_0}{V_i} = 1 \longrightarrow 4.5$$

٤ / ٣ / ٤ - المكبر الجامع العاكس The summing op. Amp :

يعتبر المكبر الجامع هو أحد تطبيقات المكبر العاكس ويجرى المكبر الجامع عملية جمع لجهود الدخل. والشكل (٤ - ١٠) يعرض دائرة جامع بثلاثة مداخل فقط، بالطبع يمكن زيادة عدد المداخل حسب الاستخدام لأى عدد من المداخل.



شكل (٤ - ١٠)

ونحصل على قيمة جهد الخرج لهذه الدائرة من العلاقة.

$$V_0 = \left(\frac{R_F}{R_1} V_1 + \frac{R_F}{R_2} V_2 + \frac{R_F}{R_N} V_N \right) \longrightarrow 4.6$$

فإذا كانت $R_1 = R_2 = R_3 = R_7$

تصبح :

$$V_0 = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

فإذا كانت $R_1 = R_2 = R_3 = R_F = 10\ K\Omega$

وكانت جهود المداخل كالآتى :

$V_1 = 5\ V,\ V_2 = 6\ V,\ V_3 = 8\ V$

فإن جهد الخرج سيساوى:

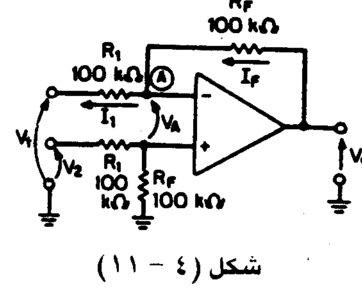
$$V_0 = -(5+6+8) = -19\ V$$

فإذا كان جهد المنبع مساويًا 15 V ± فإن المكبر سوف يتشبع، وبالتالى يصبح جهد الخرج مساويًا جهد التشبع أى Vsat-، حيث إن جهد التشبع فى هذه الحالة يساوى 13 V- تقريبًا.

٤ / ٣ / ٥ - المكبر الفرقى : The differential Amplifier

فى التطبيقات السابقة لاحظنا أن الإشارة الداخلة تدخل على أحد طرفى الدخل لمكبر العمليات.

أما إذا سمح لإشارتين دخل الدخول معًا على مدخلى مكبر العمليات يسمى المكبر فى هذه الحالة بالمكبر الفرقى (الطارح)، وسمى بهذا الاسم نظرًا لأنه يقوم بتكبير الفرق بين الدخلين، وفى الوضع المثالى لهذه الدوائر فإن الخرج يساوى صفرًا عند تساوى جهد مدخلى الجهد، وتكون دائرة مكبر العمليات الفرقى كما هو موضح بالشكل (٤ - ١١). وتكون قيمة جهد الخرج لدائرة المكبر الفرقى مساويًا:



شكل (٤ - ١١)

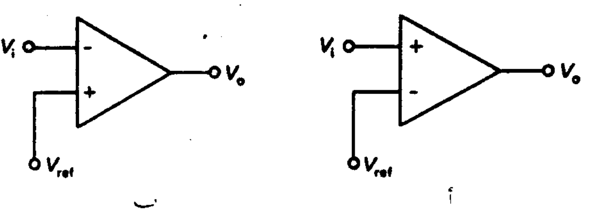
$$V_0 = \frac{R_F}{R_1}(V_2 - V_1) \longrightarrow 4.7$$

وتقوم المقاومة R_F بضبط أى حيود للخرج عن الصفر فى حالة تساوى الجهدين V_1, V_2 أو مساواتهما بالصفر.

٤ / ٣ / ٦ - مقارن الجهد : Voltage Comparator

يستخدم مكبر العمليات كمقارن للجهد بحيث يقارن الجهد على أحد المداخل مع جهد الأساس الموجود عند المدخل الآخر. وهناك نوعان من المقارنات وهما مقارن

عاكس وآخر غير عاكس. والشكل (٤ – ١٢) يعرض مقارن جهد بسيط غير عاكس (أ) ومقارن عاكس (ب) ويسمى المقارن بمقارن عاكس عند دخول إشارة الجهد على المدخل العاكس فى حين يسمى بمقارن غير عاكس عند دخول إشارة الجهد على المدخل غير العاكس.

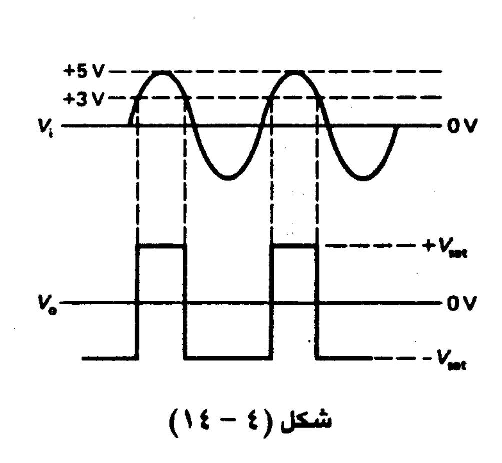


شكل (٤ – ١٢)

وحيث إن معامل الكسب (التكبير) لمكبر العمليات الذى يعمل فى دائرة مفتوحة كما هو الحال فى المقارن كبير جداً، لذا فإن جهد إشارة بالملى فولت يكفى لتشبع المكبر، لذا فإن خرج مقارن الجهد دائماً جهد التشبع موجباً أو سالباً Vsat ±. وفى حالة قيام المقارن بمقارنة إشارة جهد مع OV فإنه يسمى بكاشف عبور الصفر **Zero crossing Detector** كما بالشكل (٤ – ١٣).

شكل (٤ – ١٣)

حيث تتغير حالة خرج المقارن عند عبور جهد الدخل بالصفر. فإذا افترضنا أن مقارن للجهد غير عاكس يقارن موجة جيبية جهدها 5V بجهد أساسى مستمر يساوى +3V فإن شكل موجة الدخل وموجة الخرج المتوقع كما بالشكل (٤ – ١٤).

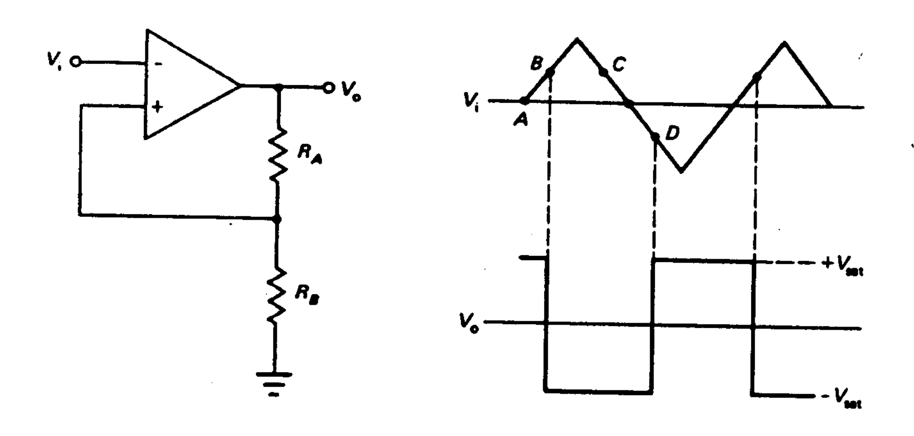


شكل (٤ – ١٤)

ويلاحظ أنه عندما يكون جهد الدخل أكبر من 3V فإن خرج المقارن يكون مساويًا $+V_{sat}$. وعندما يكون جهد الدخل أصغر من 3V فإن خرج المقارن يكون مساويًا $-V_{sat}$. علمًا بأن V_{sat} تساوى 13 V تقريبًا عندما يكون جهد المنبع مساويًا 15 V.

والجدير بالذكر أن المقارن قد يتعرض لتأرجح فى خرجه نتيجة لوجود أى جهود صغيرة بفعل الضوضاء فى المداخل ويجب تجنب ذلك بإضافة مقاومة تغذية عكسية موجبة (للدخل الموجب).

وهناك نوع آخر من المقارنات تسمى بمقارنات رجوعية، وتستخدم المقارنات ذات الرجوعية فى الحاكم ذات الموضعين Two position controller. والشكل (٤ – ١٥) يعرض دائرة لمقارن رجوعية وشكل الموجة الخارجة V_0 عندما تكون الموجة الداخلة V_i على شكل أسنان منشار. والمقصود بالرجوعية هو اعتماد خرج الدائرة على الحالة السابقة للدخل.



شكل (٤ – ١٥)

فكما هو واضح أن خرج المقارن يكون مشبعًا موجبًا فى المنطقة بين النقطتين A,B تمامًا كالحالة السابقة للمقارن، فى حين يتحول خرج المقارن ليصبح مشبعًا سالبًا بعد النقطة B، ويظل الخرج مشبعًا سالبًا فى المنطقة ED اعتماداً على الحالة السابقة وهكذا.

ويمكن تعيين حدود الرجوعية من المعادلة التالية:

$$V_{ref} = \frac{R_F}{R_A + R_B} (\pm V_{sat}) \longrightarrow 4.8$$

حيث إن:

جهد الأساس وهو جهد النقطة B أو النقطة D — V_{ref}

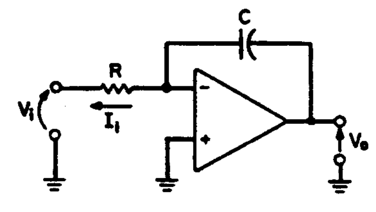
جهد التشبع لمكبر العمليات — V_{sat}

٤ / ٣ / ٧ - المكبر المكامل Integrator

تعرف عملية التكامل بأنها جمع قيم إشارة الدخل خلال فترة زمنية معينة. والشكل (٤ – ١٦) يعرض دائرة لمكامل وهى تشبه دائرة المكبر العاكس، عدا أن مقاومة التغذية الخلفية R_F استبدلت بالمكثف C.

والمعادلة التالية تعرف العملية التى تجريها هذه الدائرة:

$$V_0 = \frac{-1}{RC} \int_0^t V_i \quad dt \rightarrow 4.9$$



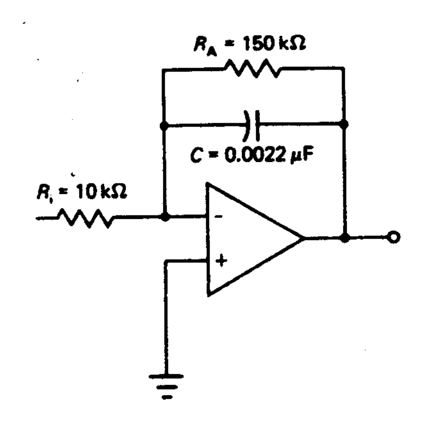
شكل (٤ – ١٦)

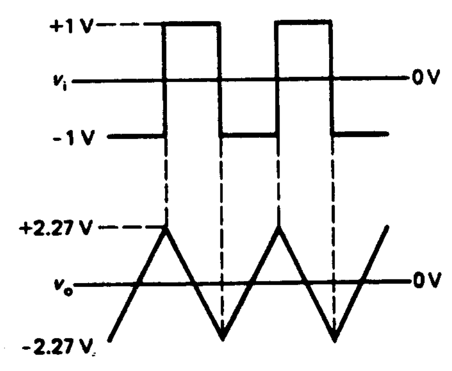
وعادة توصل مقاومة بالتوازى مع مكثف دائرة المكامل للأسباب التالية:

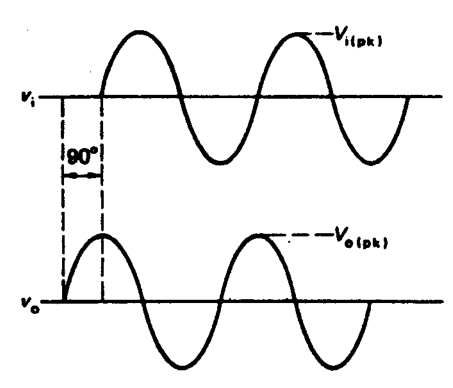
١ – منع المكبر من تكامل الجهود المستمرة حتى ولو صغيرة والتى قد تؤدى لفقدان الدائرة لصفة التكامل.

٢ – تحافظ على معامل كسب لا يقل عن $\frac{R_A}{R_1}$ عند الترددات القليلة، حيث إن R_A هى قيمة المقاومة الموصلة بالمكثف على التوازى أما R_1 فهى مقاومة الدخل.

والشكل (٤ – ١٧) يبين دائرة مكامل عملى وشكل الموجة الداخلة والخارجة فى حالتين عندما تكون الموجة الداخلة مربعة وعندما تكون الموجة الداخلة جيبية.







شكل (٤ – ١٧)

ويلاحظ أن الموجة المربعة عند تكاملها تتحول لموجة مثلثة، أما الموجة الجيبية عند تكاملها تكون جيبية ولكن بإزاحة 90° جهة اليسار علمًا بأن جهد الخرج الأقصى للمكامل عندما يكون دخله موجة جيبية يساوى:

$$V_{O(pk)} = \frac{V_{i(pk)}}{2 \pi F R_i C} \longrightarrow 4.10$$

حيث إن:

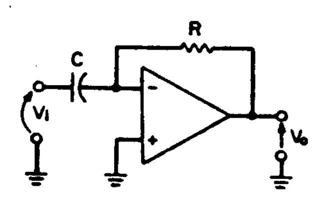
جهد الخرج الأقصى $V_{O(pk)}$

جهد الدخل الأقصى $V_{i(pk)}$

تردد الموجة الجيبية الداخلة F

٤ / ٣ / ٨ - المكبر المفاضل The Differentiator :

الشكل (٤ - ١٨) يعرض دائرة مفاضل للموجة الداخلة، وهى تشبه دائرة المكامل مع تبديل أوضاع المكثف .



شكل (٤ - ١٨)

والمعادلة التالية تعرف العملية التى تجريها هذه الدائرة :

$$Vo = - RC \frac{dvi}{dt} \longrightarrow 4.11$$

وعادة توصل مقاومة Rs على التوالى مع المكثف C للمحافظة على الكسب فى الترددات العالية مساويًا $\frac{-R}{Rs}$.

والشكل (٤ - ١٩) يبين دائرة مفاضل عملية وشكل الموجة الداخلة والخارجة فى حالتين، عندما تكون الموجة الداخلة جيبية وعندما تكون الموجة الداخلة مربعة .

ويلاحظ أن الموجة الجيبية عند تفاضلها تكون جيبية، ولكن بإزاحة °90 جهة اليمين، علمًا بأن جهد الخرج الأقصى للمفاضل عندما يكون دخله موجة جيبية يساوى :

$$V_{O(pk)} = 2 \pi F R_F CV_i (pk) \longrightarrow 4.12$$

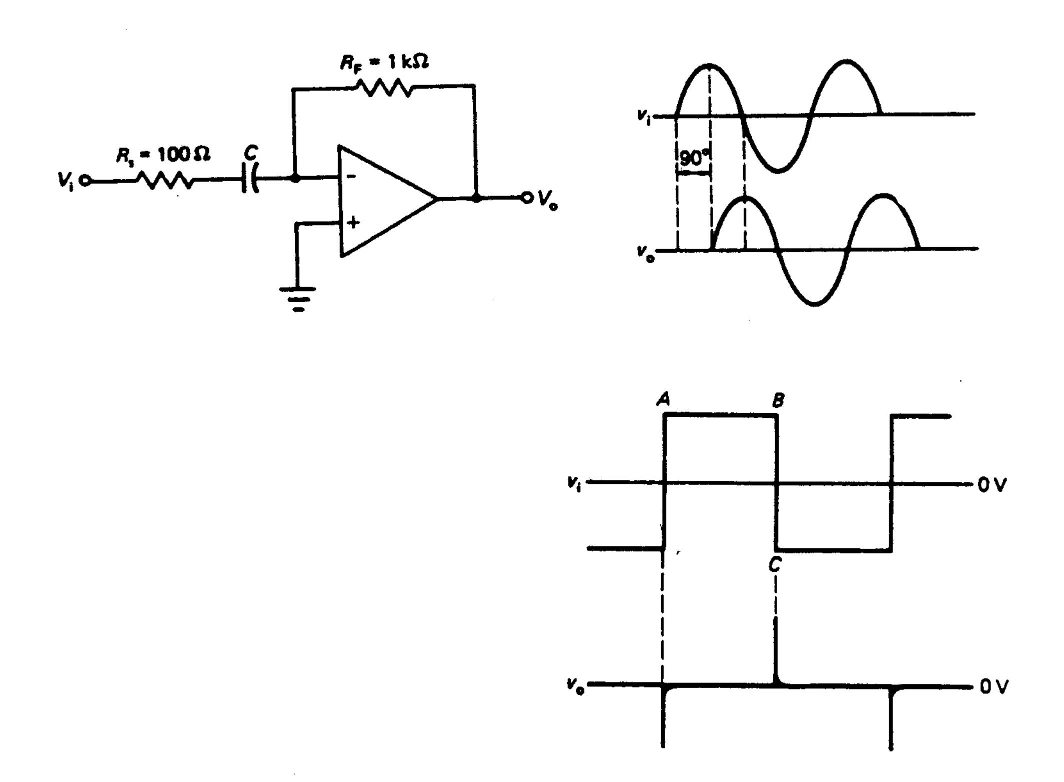
حيث إن :

$V_{O(pk)}$ جهد الخرج الأقصى .

$V_{i(pk)}$ جهد الدخل الأقصى .

F تردد الموجة الجيبية الداخلة .

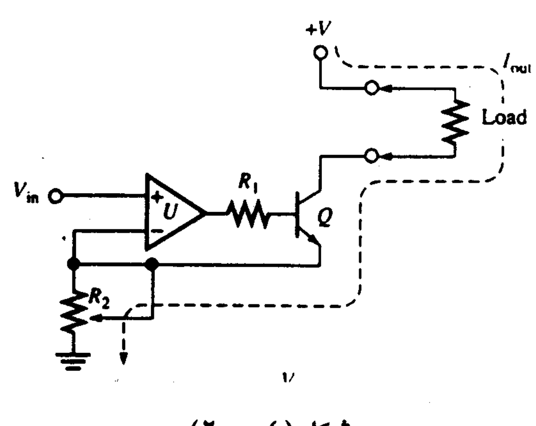
فى حين أن الموجة المربعة عند تفاضلها تتحول لنبضات موجبة ونبضات سالبة .



شكل (٤ – ١٩)

٤ / ٣ / ٩ – محول الجهد لتيار:

من المعلوم أن مكبرات العمليات هي مكبرات جهد، وأكثر هذه المكبرات يكون لها خرج تيار محدد. وحيث إن هناك الكثير من عناصر الفعل **Actuators** يتم التحكم فيها بالتحكم في شدة تيار دخلها، على سبيل المثال الصمامات ذات المحرك **Motor Valves**، الأمر الذى جعلنا نحتاج إلى طريقة لتحويل الجهد لتيار. والشكل (٤ – ٢٠) يبين دائرة محول جهد لتيار باستخدام مكبر عمليات.



شكل (٤ - ٢٠)

وهذه الدائرة تعطى تيار خرج يتناسب مع جهد الدخل. وعند التدقيق فى هذه الدائرة نجد أنها دائرة مكبر عاكس، حيث يتحكم جهد الخرج فى الترانزستور Q، فكلما زاد جهد الخرج ازداد تيار مجمع الترانزستور Q.

ويصل المكبر لحالة الاتزان عندما يكون الجهد الواقع على الرجل العاكسة يساوى جهد الدخل على الرجل غير العاكسة، أى عندما يكون:

$$Vin = Iout\ R_2$$

وبالتالى نحصل على قيمة تيار الخرج من المعادلة التالية:

$$Iout = \frac{V_i}{R_2} \longrightarrow 4.13$$

ويمكن التحكم فى شدة تيار الخرج المقابل لجهد الدخل بالتحكم فى قيمة المقاومة R_2، ويجب اختيار R_1 بحيث تكون كافية لتحديد تيار قاعدة الترانزستور.

والجدير بالذكر أن الترانزستور Q يعمل على زيادة مستوى تيار خرج المكبر، ولذلك يختار بحيث يكون الجهد +V كافيًا لإمرار التيار المطلوب فى الحمل، فإذا كانت مقاومة الحمل 50 KΩ وكان التيار المطلوب هو 2mA فإن الجهد +V يجب أن يكون أكبر من 100 V.

٤ / ٤ - تطبيق عملى (التحكم فى سرعة محرك مؤازر تيار مستمر):

الشكل (٤ - ٢١) يعرض دائرة تحكم فى سرعة محرك مؤازر size 9 أو size 8 يعمل عند جهد 12 V.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية	$10\ K\Omega$	R_1
مقاومة كربونية	$10\ K\Omega$	R_2
مقاومة كربونية	$10\ K\Omega$	R_3
مقاومة كربونية	$5\ K\Omega$	R_4
مقاومة كربونية	$50\ K\Omega$	R_5
مقاومة كربونية	$3.9\ K\Omega$	R_6
مقاومة كربونية	$0.7\ K\Omega$	R_7
مجزئ جهد دوار	$10\ K\Omega$	R_8
مقاومة كربونية	$10\ K\Omega$	R_9
مكثف كيميائى 10 µf وجهده 16 V		C_1
مكثف كيميائى 3.3 nf وجهده 16 V		C_2
مكثف كيميائى 5 pf وجهده 16 V		C_3
مكثف كيميائى 10 µf وجهده 16 V		C_4
مكبر عمليات طراز µA 741		U_1
مكبر عمليات طراز µA 791		U_2
محرك مؤازر size 9 أو size 8		M

نظرية عمل الدائرة:

يعمل المكبر U_1 كمكبر فارق، ويكون خرجه مساوياً.

$$-V_{out1} = V_x - V_w$$

حيث إن:

V_{out1} هو جهد خرج المكبر U_1.

V_x هو جـهـد التغـذية المرتدة من مجزئ الجهـد الدوار (R_8) المثبت على عـمـود إدارة المحرك المؤازر.

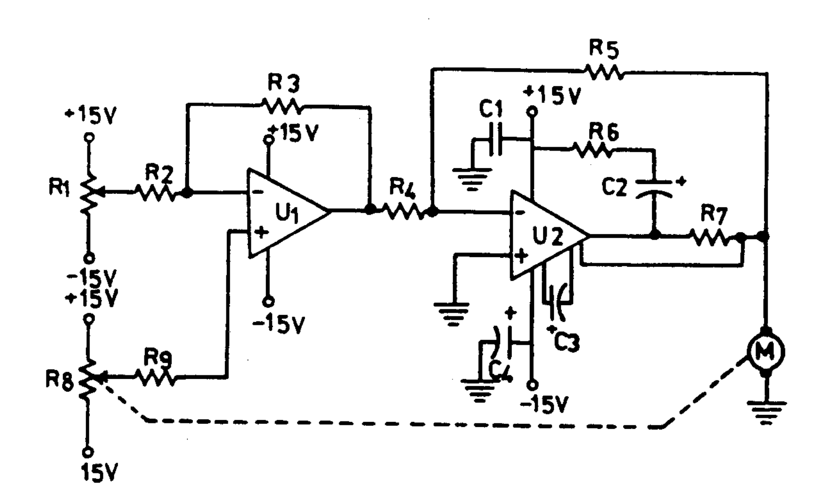
V_w هو جهد الأساس القادم من مجزئ الجهد R_1 والمقابل للسرعة المطلوبة.

ويعمل المكبر U_2 كمكبر عاكس، يكون خرجه مساوياً.

$$V_{out2} = \frac{R_5}{R_4} V_{out1} = -10 \, V_{out\,1}$$

وهذا الجهد يعمل على إدارة المحرك، فإذا كان موجباً يدور المحرك المؤازر جهة اليمين إلى أن يصبح جهد التغذية المرتدة V_x مساوياً لجهد الأساس V_w. فى هذه الحالة يصبح جهد خرج المكبر الأول U_1 مساوياً صفراً.

وبالتالى يصبح خرج المكبر U_2 مساوياً الصفر فيتوقف المحرك. ونفس الكلام يتكرر عندما يكون خرج المكبر U_2 سالباً، ولكن يدور المحرك جهة اليسار حتى يصبح خرج المكبر U_1 مساوياً الصفر فيتوقف المحرك.



شكل (٤ - ٢١)

الباب الخامس

المذبذبات والمؤقتات الزمنية

المذبذبات والمؤقتات الزمنية

٥ / ١ - مقدمة:

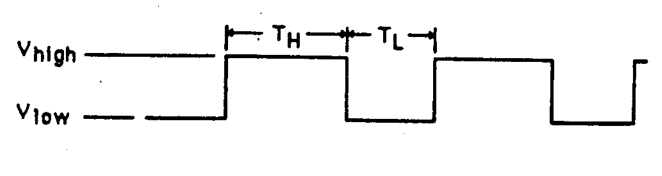
تعتبر المذبذبات القلب النابض فى معظم أنظمة التحكم الرقمية. فبعض أنظمة التحكم الرقمية تحتاج لنبضات مربعة حتى يحدث تزامن لعملياتها، والبعض الآخر يحتاج هذه النبضات لإجراء بعض القياسات الزمنية، فى حين تحتاج بعض الأنظمة الرقمية لنبضة واحدة بزمن محدد لإجراء بعض العمليات وهكذا.

لذلك سنتناول فى هذا الباب المذبذبات العديمة الاستقرار Astable. وهذه المذبذبات تقوم بتوليد نبضات مربعة متكررة.

وكذلك المذبذبات وحيدة الاستقرار Monostable. وهى تقوم بتوليد نبضة واحدة بزمن محدد عند إشعالها وهذه النبضة تكون عالية أو منخفضة.

٥ / ٢ - المذبذبات العديمة الاستقرار Astable Multivibrators:

تسمى هذه المذبذبات أحيانًا بالمذبذبات الحرة Free Running multivibrators، وتقوم هذه المذبذبات بتوليد موجات مربعة كما بالشكل (٥ - ١).



شكل (٥ - ١)

حيث يتغير جهد هذه الموجات بين قيمتين ثابتتين وهما الجهد العالى Vhigh والجهد المنخفض VLOW. ويكون زمن بقاء الجهد عاليًا T_H وزمن بقاء الجهد منخفضًا T_L.

ويعرف معامل دورة الخدمة Duty cycle بالمعادلة التالية:

$$D = \frac{T_H}{T_H + T_L} \longrightarrow 5.1$$

ويكون زمن الدورة مساويًا:

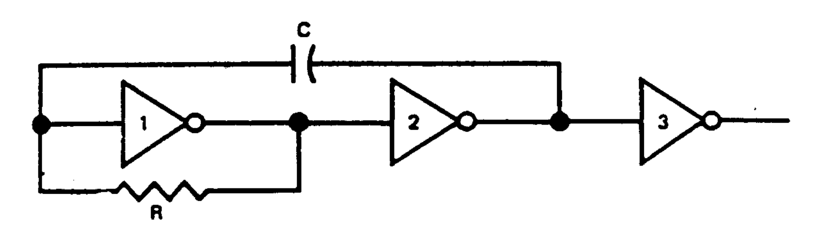
$$T = T_H + T_L \longrightarrow 5.2$$

ويكون تردد المذبذب العديم الاستقرار مساويًا:

$$F = \frac{1}{T} \longrightarrow 5.3$$

٥ / ٢ / ١ - المذبذبات العديمة الاستقرار والتى تحتوى على عواكس:

الشكل (٥ - ٢) يعرض دائرة مذبذب عديم الاستقرار، مستخدمًا دائرة متكاملة رقمية تحتوى على ستة عواكس طراز 7404.



شكل (٥ - ٢)

ويكون تردد هذا المذبذب مساويًا:

$$F = \frac{1}{3\,RC} \longrightarrow 5.4$$

علمًا بأن المقاومة R تتراوح ما بين 220 Ω : 150 .فإذا كان:

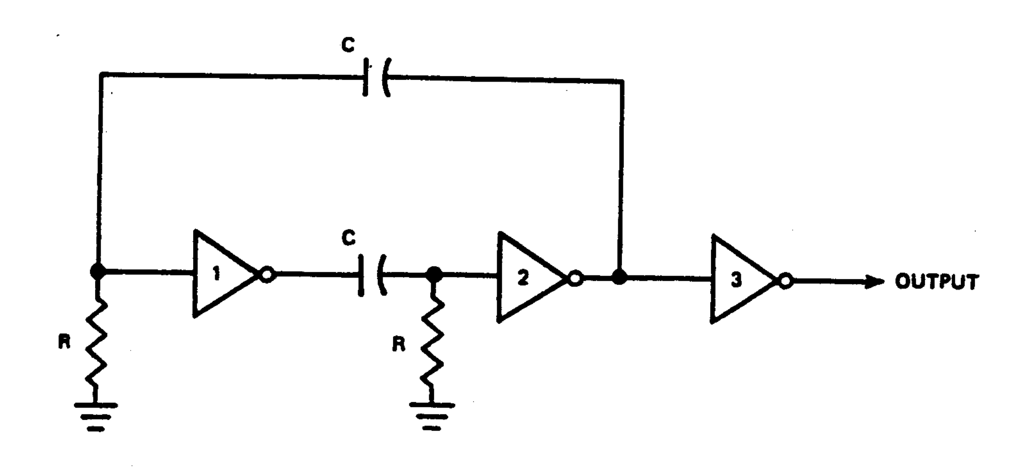
$R = 200\ \Omega$

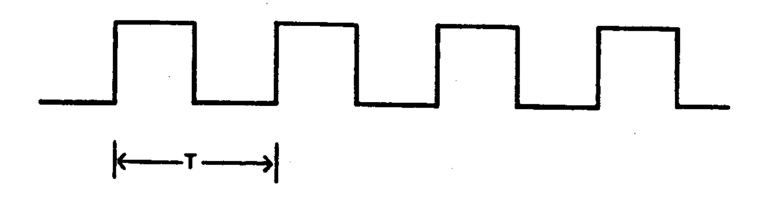
$C = 170\ \mu f$

فإن:

$$F = \frac{10^6}{3 \times 200 \times 170} = 10\ HZ$$

والشكل (٥ - ٣) يعرض دائرة أخرى لمذبذب عديم الاستقرار، مستخدمًا دائرة متكاملة رقمية تحتوى على ستة عواكس نوع TTL طراز 7404.





شكل (٥ - ٣)

ويكون تردد هذا المذبذب مساويًا :

$$F = \frac{1}{2\,RC} \longrightarrow = 5.5$$

فإذا كانت :

$$R = 230\ \Omega,\ C = 4\ \mu f$$

فإن :

$$F = \frac{10^6}{2 \times 230 \times 4} = 544\ HZ$$

علمًا بأن قيمة المقاومة R تتراوح ما بين (Ω 1000 : 200). والجدير بالذكر أنه يمكن استبدال العواكس ببوابات NAND مداخلها مقصورة معًا، كما ذكر سالفًا فى البوابة العامة NAND فى الفقرة (٣/٣/٩).

ويعاب على دوائر المذبذبات السالفة الذكر أن التردد الخارج يتغير نتيجة للتفاوتات الموجودة فى العناصر المستخدمة، ويمكن الحصول على تردد ثابت باستخدام بلورات الكريستال، كما سيتضح فى الفقرة التالية.

٥ / ٢ / ٢ - المذبذبات البلورية العديمة الاستقرار :

تستخدم بلورات البيزو الكهربية Piezo electric crystals المصنوعة من الكوارتز فى عمل هذه المذبذبات .

ويعرف تأثير بيزو الكهربى بأنه عند تسليط جهد متردد على هذه البلورات فإنها تهتز بنفس تردد المصدر الكهربى .

وتستخدم بلورات الكوارتز عادة فى بناء المذبذبات وذلك لقوتها الميكانيكية العالية وبساطتها فى التصنيع، وكل بلورة لها تردد طبيعى وتتواجد بلورات الكوارتز بترددات طبيعية تتراوح ما بين (25 KHZ: 5 MHZ) .

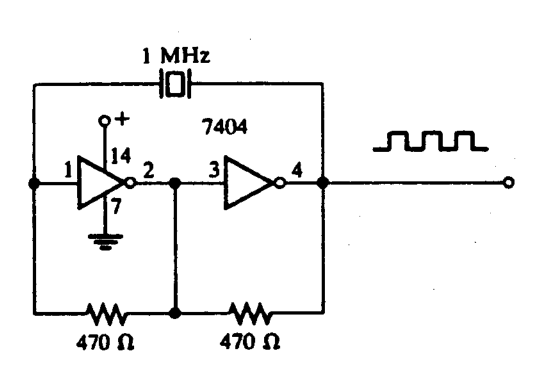
وحتى تستخدم بلورات الكوارتز فى الدوائر الإلكترونية توضع بين لوحين من المعدن فيتشكل مكثف له عزل بلورى .

وعند تعريض لوحى البلورة لجهد كهربى تهتز بتردد يساوى تردد المصدر الكهربى . فإذا كان تردد المصدر الكهربى يساوى التردد الطبيعى للبلورة نحصل على رنين وتهتز البلورة بأعلى معدل اهتزاز .

ويعاب على المذبذبات البلورية باستخدامها فى دوائر القدرة الصغيرة لتجنب انهيارها، كما أن تردد المذبذبات لا يمكن تغييره لأنه يساوى التردد الطبيعى للبلورة ولكن تتميز المذبذبات البلورية بدقتها المتناهية .

والشكل (٥ - ٤) يعرض مذبذبا بلوريًا يتكون من بلورة كوارتز ترددها الطبيعى 1MHZ ودائرة متكاملة TTL تحتوى على ستة عواكس طراز 7404 ومقاومتين 470 Ω .

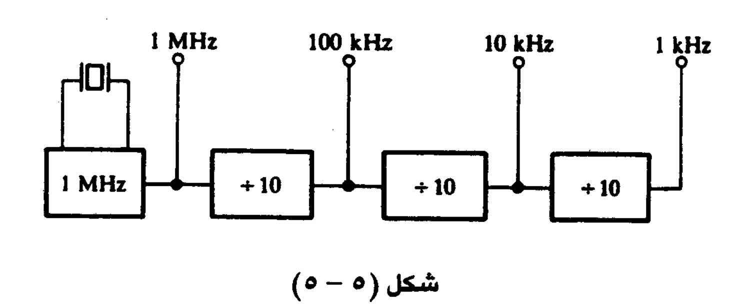
ويكون تردد الموجات المربعة الخارجة من هذا المذبذب حوالى 1 MHZ .



شكل (٥ - ٤)

ويمكن تغيير تردد الخرج للحصول على أى تردد باستخدام بلورة كوارتز ترددها الطبيعى مساوى للتردد المطلوب .

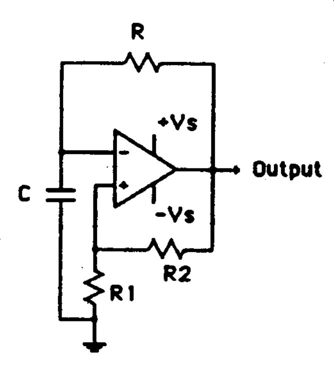
ويمكن الحصول على ترددات منخفضة باستخدام عناصر تقسيم مناسبة مثل العداد العشرى المكود ثنائيًا طراز 74192 . والشكل (٥ - ٥) يوضح ذلك .



شكل (٥ - ٥)

٥ / ٢ / ٣ - مذبذبات مكبرات العمليات العديمة الاستقرار :

الشكل (٥ - ٦) يعرض دائرة مذبذب عديم الاستقرار يحتوى على مكبر عمليات .



شكل (٥ - ٦)

وهذه الدائرة تعمل كمقارن، حيث إن المكثف C هو مصدر جهد الدخل على المدخل العاكس، وتقوم المقاومات R_1, R_2 بعمل مجزئ جهد يقوم بعمل تغذية عكسية بجزء من جهد الخرج V_o للدخل . وسوف ندرس عمل هذه الدائرة فى حالتين :

أولاً:

عندما يكون Vo مساويًا لجهد التشبع الموجب Vsat + يسمى الجهد على الرجل غير العاكسة + للمكبر عندما يكون Vo مساويًا Vsat + بجهد الركبة العلوية VUT ويساوى:

$$Vut = Vsat \frac{R_1}{R_1 + R_2} \longrightarrow 5.6$$

ويكون الجهد على الرجل العاكسة – للمكبر مساويًا الجهد على أطراف المكثف C والذى يزداد تدريجيًا نتيجة لشحن المكثف من خلال المقاومة R حتى يصبح أكبر من جهد الركبة العلوية VUT، حينئذ يصبح جهد الخرج Vo مساويًا Vsat –.

ثانيًا:

عندما يكون Vo مساويًا لجهد التشبع السالب Vsat - : يسمى الجهد على الرجل غير العاكسة + للمكبر عندما يكون Vo مساويًا Vsat- بجهد الركبة السفلية VLTويساوى:

$$V_{LT} = - Vsat \frac{R_1}{R_1 + R_2} \longrightarrow 5.7$$

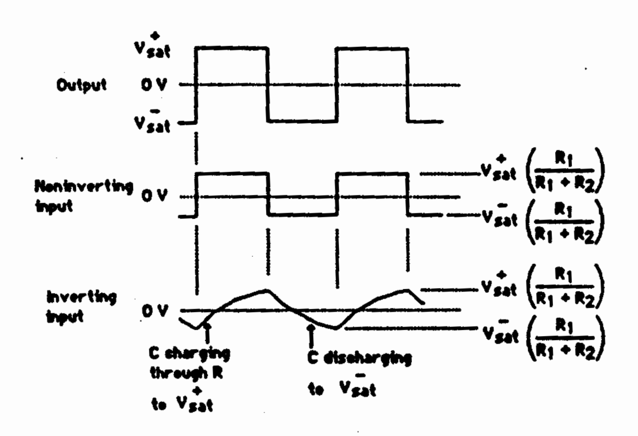
ويكون الجهد على الرجل العاكسة – للمكبر مساويًا لجهد أطراف المكثف C والذى يقل تدريجيًا نتيجة لتفريغ شحنة المكثف من خلال المقاومة R.

وعندما يكون جهد المكثف أكثر سالبية من الجهد VLT يتغير خرج المكبر من Vsat – إلى Vsat+ وهكذا.

ويكون تردد الموجة الناتجة مساويًا:

$$F = \frac{1}{2RC} \text{ (HZ)} \longrightarrow 5.8$$

شكل (٥ – ٧) يعرض شكل نبضات جهد الخرج وجهد المدخل العاكس وجهد المدخل غير العاكس.



شكل (٥ – ٧)

٥ / ٢ / ٤ – المذبذب العديم الاستقرار والذى يحتوى على بوابة Schmitt NAND :

يمكن بناء مذبذب عديم الاستقرار مستخدمًا بوابة Schmitt NAND ومقاومة ومكثف خارجيين كما بالشكل (٥ – ٨).

حيث إن تردد خرج هذا المذبذب يساوى :

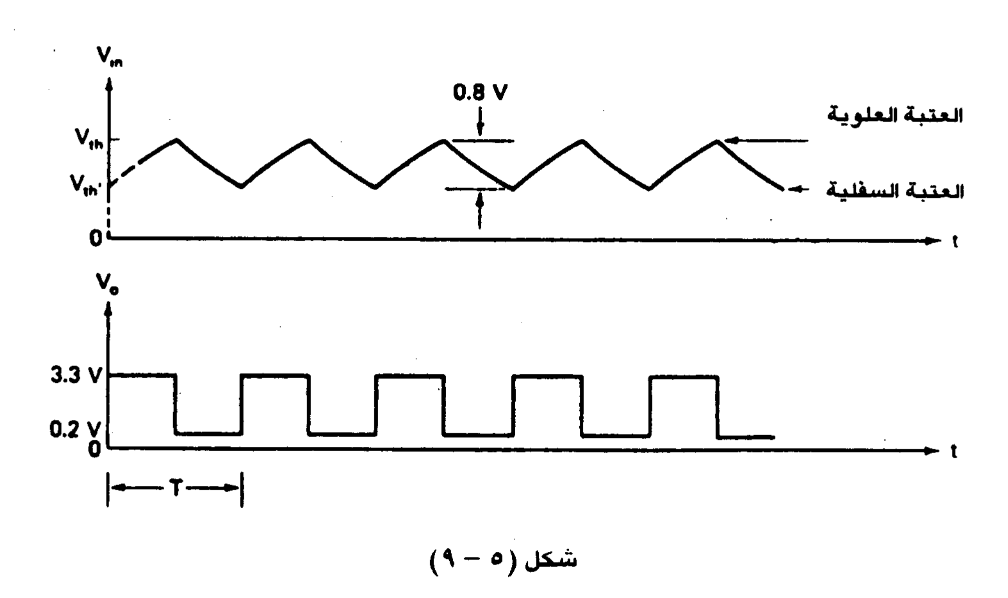
$$F = \frac{0.9}{RC} \longrightarrow 5.9$$

R
330 Ω
V_{CC}
V_o
V_{in}
C

شكل (٥ – ٨)

والجدير بالذكر أن تردد هذا المذبذب يتراوح ما بين (0.1 HZ: 10 MZ) . وعند استخدام الدائرة المتكاملة 7413 فإن المقاومة تكون مساوية 330 Ω .

والشكل (٥ – ٩) يبين شكل موجة الدخل والخرج لهذا المذبذب .



شكل (٥ - ٩)

ويلاحظ أن جهد الدخل Vin يتأرجح بين قيمتين جهد العتبة العلوية وجهد العتبة السفلية نتيجة لشحن المكثف C علماً بأن جهد العتبة العلوية يساوى 1.7 V، وجهد العتبة السفلية يساوى 0.9 V، والفرق بينهما يساوى 0.8V.

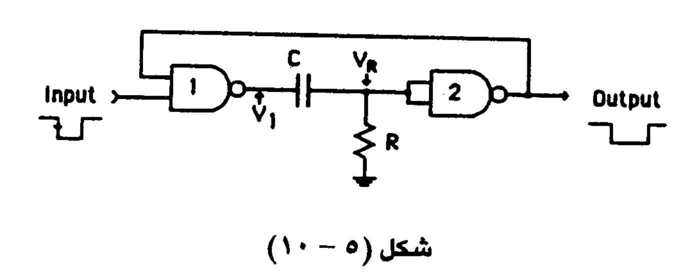
أحياناً يحدث تشوه لخرج هذا المذبذب نتيجة لأن المقاومة R تمثل حملاً على خرج بوابة المذبذب، وحتى نحصل على خرج ثابت غير مشوه تستخدم بوابة أخرى Schmitt NAND. تستخدم كبوابة NOT وتوصل بمخرج المذبذب الذى نحن بصدده.

٥ / ٣ - المذبذبات الأحادية الاستقرار Monostable Multivibrators :

تقوم هذه المذبذبات بتوليد نبضة واحدة بزمن محدد عند إشعالها، ويطلق على المذبذبات الأحادية الاستقرار أحياناً بالمذبذبات ذات الطلقة الواحدة one Shot Multivibrator.

٥ / ٣ / ١- المذبذبات الأحادية الاستقرار التى تحتوى على بوابات منطقية :

الشكل (٥ - ١٠) يعرض دائرة مذبذب أحادى الاستقرار، يحتوى على بوابتين NAND.

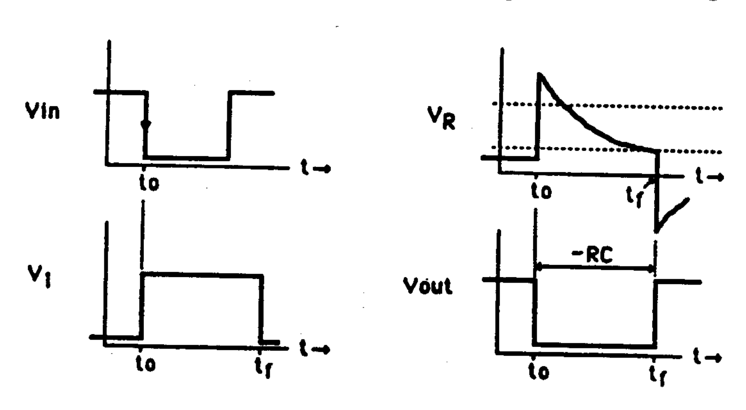


شكل (٥ – ١٠)

ويكون الوضع الطبيعى لدخل وخرج هذه الدائرة عاليًا (High) أى يكون دخل البوابة 1 وخرج البوابة 2 عاليًا، وبالتالى فإن خرج البوابة 1 ودخل البوابة 2 يكون منخفضًا (Low)، أى أن المكثف C يكون على طرفيه جهداً منخفضاً.

فعند وصول نبضة لمدخل البوابة 1 وعند الحافة الهابطة فإن خرج البوابة 1 سوف يصبح عاليًا، وينتقل هذا الجهد عبر المكثف C إلى مدخل البوابة 2 فيصبح خرج البوابة 2 منخفضًا، ويبقى حالة دخل البوابة 2 عاليًا خلال فترة تفريغ المكثف C فى المقاومة R،بعدها يعود خرج البوابة 2 منخفضاً.

والشكل (٥ – ١١) يوضح الجهود عند النقاط المختلفة لهذه الدائرة.



شكل (٥ – ١١)

ويكون زمن النبضة الخارجة مساويًا t

$$t = RC \longrightarrow 5.10$$

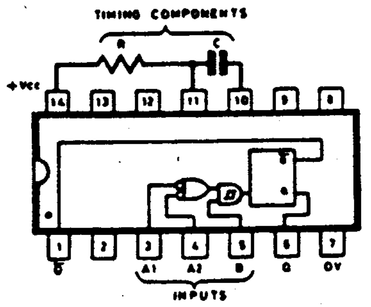
٥ / ٣ / ٢ – الدوائر المتكاملة TTL للمذبذبات الأحادية الاستقرار:

توجد أنواع مختلفة من الدوائر المتكاملة TTL تعمل كمذبذبات أحادية الاستقرار مثل الدوائر التالية: 74121, 74122,74123 .

والفرق بين هذه الدوائر المتكاملة فى طريقة إشعالها، فبعضها يسمى (محدد الإشعال) Retriggerable، حيث يمكن تكبير نبضة الخرج بإرسال نبضتى إشعال للدخل الزمن بينهما أقل من زمن نبضة الخرج عند إرسال نبضة إشعال واحدة والثانى يسمى غير مجدد الإشعال Not Retriggerable، أى لا يمكن تغيير زمن نبضة الخرج بإرسال نبضات دخل متلاحقة.

وسوف نتناول فى هذه الفقرة الدائرة المتكاملة 74121وهى غير مجددة للإشعال.

والشكل (٥ – ١٢) يبين طريقة توصيل مقاومة R ومكثف C مع الدائرة المتكاملة 74121 للحصول على مذبذب أحادى الاستقرار وكذلك جدول الحقيقة لها. وتحدد المداخل A1, A2, B طريقة الإشعال وهناك ثلاثة طرق مختلفة للإشعال:



١ – يوصل A1, A2 بجهد منخفض Low، وبالتالى يمكن إشعال المذبذب عند وصول نبضة للمدخل B عند الحافة الصاعدة.

٢ – يوصل A1, B بجهد (High)، وبالتالى يمكن إشعال المذبذب بوصول نبضة للمدخل A2 عند الحافة الهابطة.

INPUTS			OUTPUTS	
$\bar{A}_1$	$\bar{A}_2$	B	Q	$\bar{Q}$
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	⎍	⎏
↓	H	H	⎍	⎏
↓	↓	H	⎍	⎏
L	X	↑	⎍	⎏
X	L	↑	⎍	⎏

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care
↑ = LOW-to-HIGH transition
↓ = HIGH-to-LOW transition

شكل (٥ – ١٢)

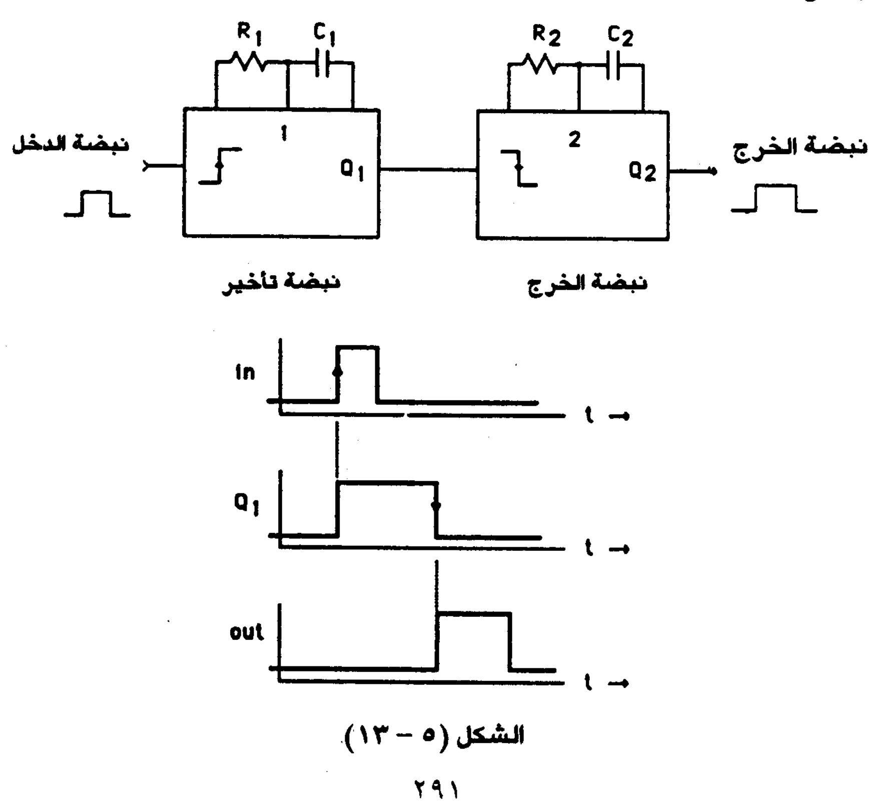
٣ - يوصل A2, B بجهد عال، وبالتالى يمكن إشعال المذبذب بوصول نبضة للمدخل A1 عند الحافة الهابطة، ونحصل على زمن النبضة الخارجة من العلاقة التالية:

$$t = 0.693\ RC \longrightarrow 5.11$$

علمًا بأن قيمة R تتراوح ما بين (1.5 KΩ: 40 KΩ)، وقيمة C تتراوح ما بين (10 pf: 10 μf)، ويتراوح هذا الزمن ما بين (30ns: 40 s).

وتستخدم هذه الدائرة المتكاملة فى زيادة زمن النبضات القصيرة، وأيضًا لعمل إزاحة زمنية لنبضة ما، مستخدمين فكرة أنه يمكن إشعالها بنبضة عند الحافة الصاعدة ونبضة أخرى عند الحافة الهابطة.

والشكل (٥ - ١٣) يبين المخطط البلوكى للدائرة المستخدمة لعمل إزاحة زمنية لنبضة ما وشكل نبضات الدخل والخرج، حيث يتم إدخال النبضة الداخلة على المدخل B مع توصيل المدخلين A1, A2 بجهد منخفض وذلك للدائرة المتكاملة الأولى، بينما يسمح لخرج الدائرة المتكاملة الأولى بالدخول على المدخل A2 وتوصيل المدخلين A1, B للدائرة المتكاملة الثانية بجهد عال.



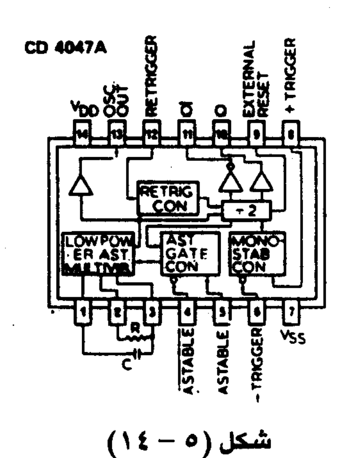
الشكل (٥ - ١٣)

٥ / ٤ - الدوائر المتكاملة CMOS للمذبذبات :

من أشهر الدوائر المتكاملة CMOS للمذبذبات هى الدائرة المتكاملة CD4047A، وتستخدم كمذبذب أحادى الاستقرار ومذبذب لا مستقر.

والدائرة المتكاملة CD4528B وتحتوى على مذبذبين لا مستقرين مجددين الإشعال.

والشكل (٥ - ١٤) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة 4047.



شكل (٥ - ١٤)

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة :

الرجل 1	المكثف C	الرجل 8	إشعال موجب
الرجل 2	المقاومة R	الرجل 9	تحرير
الرجل 3	المكثف C والمقاومة R	الرجل 10	المخرج
الرجل 4	معكوس دائرة لا مستقرة	الرجل 11	معكوس الخرج
الرجل 5	دائرة لا مستقرة	الرجل 12	مجدد إشعال
الرجل 6	إشعال سالب	الرجل 13	خرج المذبذب
الرجل 7	جهد المصدر V_{SS}	الرجل 14	جهد المصدر V_{DD}

نظرية التشغيل:

تمتاز هذه الدائرة المتكاملة بأنها يمكن أن تعمل كمذبذب لا مستقر ومذبذب أحادى الاستقرار، كما أنها لا تحتاج إلا لمكثف خارجى واحد عادى وليس كيميائياً ومقاومة واحدة ، ولها ثلاثة مخارج وهى $Q, \overline{Q}$ وخرج المذبذب.

أولاً: استخدامها كمذبذب لا مستقر:

توصل الأرجل 4,5,6,14 بالجهد V_{DD} والأرجل 8,9,12 بالجهد V_{SS} ويكون تردد الخرج على المخارج $Q,\overline{Q}$ يساوى:

$$F_{\overline{Q}} = F_Q = \frac{0.23}{RC} \longrightarrow 5.12$$

ويكون تردد الخرج على مخرج المذبذب (الرجل 13) مساوياً:

$$F_0 = 2\,F = \frac{0.46}{RC} \longrightarrow 5.13$$

ويمكن تحرير خرج المذبذب فى أى لحظة بوصول إشارة عالية لمدخل التحرير 9.

ثانياً: استخدامها كمذبذب أحادى الاستقرار:

توصل الأرجل 4,14 بالجهد V_{DD} والأرجل 5,6,7,9,12 بالجهد V_{SS} وعند الحافة الصاعدة للجهد على مدخل الإشعال 8 تخرج نبضة من المخارج Q,Q زمنها يساوى:

$$T = 2.5\,RC \longrightarrow 5.14$$

أما عند توصيل الأرجل 4, 8, 14 مع الجهد V_{DD} والأرجل 5, 7, 9, 12 مع الجهد V_{SS} وعند الحافة الهابطة للجهد على مدخل الإشعال 6 نحصل على نبضة من المخارج $Q,\overline{Q}$ زمنها لا يختلف عن الحالة السابقة أى يساوى:

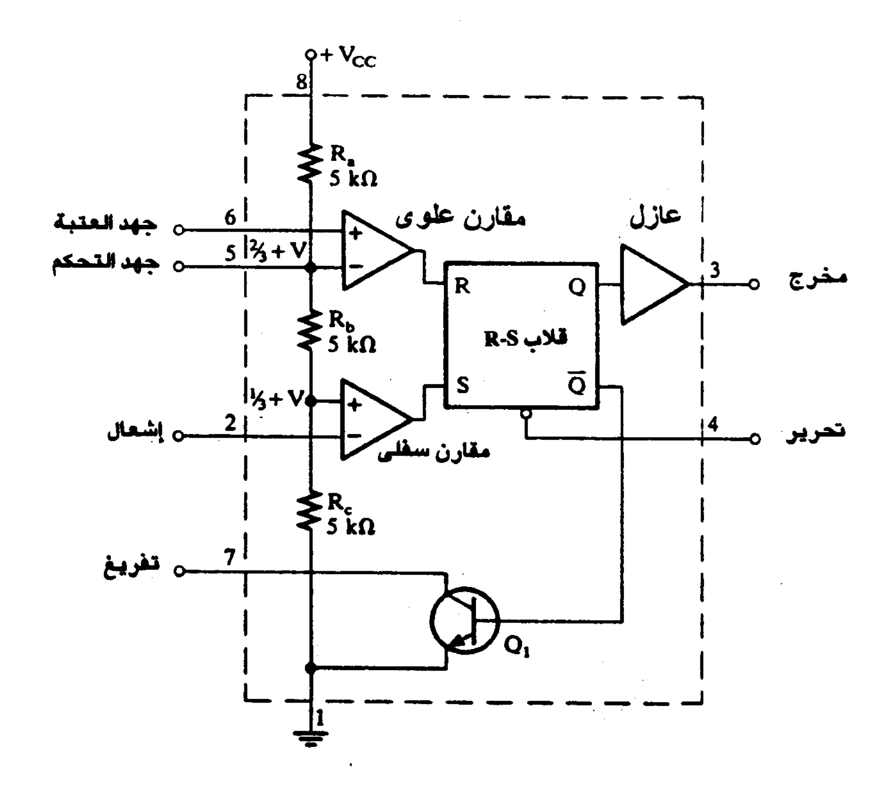
$$T = 2.5\,RC$$

ويمكن تحرير خرج المذبذب فى أى لحظة بوصول إشارة عالية لمدخل التحرير 9.

٥ / ٥ - دائرة المؤقت المتكاملة The 555 Timer 555:

يتواجد المؤقت 555 في صورة دائرة متكاملة تبنى من دائرة رقمية وتناظرية، حيث تحتوى على عناصر رقمية وعناصر تناظرية . فهى تحتوى على مكبرى عمليات يستخدمان كمقارنات وتحتوى على قلابين R-S بالإضافة إلى عازل buffer للخرج ويقوم بزيادة مستوى تيار خرج المؤقت، وتحتوى أيضًا على ترانزستور يعمل كمفتاح .

والشكل (٥ - ١٥) يبين التركيب البنائى للمؤقت NE 555 .



شكل (٥ - ١٥)

التعريف بأرجل المؤقت 555:

الرجل 1 الأرضى

الرجل 8 الجهد الموجب Vcc+ ويتراوح ما بين (+5:15 V) ويجب ألا يتعدى +18V

الرجل 3 خرج المؤقت وله حالتان منخفض L ويساوى 0V، وعالى H ويساوى +Vcc .

الرجل 2 مدخل الإشعال الذى يتصل بالمقارن السفلى، فعندما يكون الجهد على مدخل الإشعال أقل من 1/3 Vcc+ فإن خرج المقارن السفلى يكون عاليًا H فيحدث إمساك للقلاب ويصبح حالة المخرج Q للقلاب عالية.

الرجل 5 مدخل جهد التحكم، ويستخدم فى التضمين (انظر الباب السابع).

الرجل 6 مدخل جهد العتبة ، فإذا زاد جهد العتبة عن جهد التحكم فإن المقارن العلوى سوف يعطى خرجًا عاليًا H يعمل على تحرير القلاب ويصبح خرج القلاب منخفضًا، وعادة يوصل هذا الطرف مع مكثف خارجى بالأرضى.

الرجل 7 تفريغ المكثف الذى يوصل بالرجل6، والمستخدم لتحديد زمن الذبذبات، فإذا كان خرج $\overline{Q}$ عاليًا (H) فإن الترانزستور Q_1 سيتشبع، مما يجعل المكثف يقوم بتفريغ شحنته خلال مقاومة الترانزستور والتى تكون صغيرة جداً.

الرجل 4 مدخل التحرير، وعادة يوصل مع الجهد الموجب للمنبع Vcc+ عندما لا يكون هناك حاجة لتحرير خارجى.

٥ / ٥ / ١- عائلة المؤقتات 555:

توجد عدة أشكال للمؤقتات 555 وهى كما يلى:

أ- **المؤقت 555 القياسى طراز NE555**: ويكون فى صورة دائرة متكاملة مزدوجة الصفوف DIL بثمانية أرجل، ويعمل هذا المؤقت فى مدى واسع من جهد

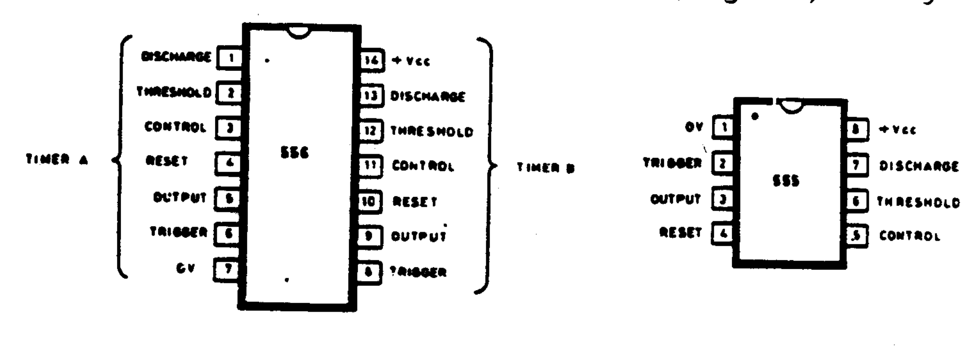
المصدر يتراوح ما بين 18V : 4.5، وتيار دخله يساوى 10 mA : 3 وتيار خرجه يصل إلى 200mA .

ب- **المؤقت 555 القليل القدرة CMOS طراز ICM 7555IPA** : وهو يكون فى صورة دائرة متكاملة مزدوجة الصفوف DIL بثمانية أرجل، ويعمل هذا المؤقت فى مدى واسع من جهد المصدر يتراوح ما بين 18V : 2 وتيار دخله 120μA، ولكن تيار خرجه صغير ولكنه قادر على تغذية دائرتين متكاملتين TTL .

جـ - **المؤقت، 555 المزدوج طراز NE 556 A** : وهذا المؤقت يحتوى على مؤقتين 555 قياسيين ويكون فى صورة دائرة متكاملة مزدوجة الصفوف DIL بأربعة عشر رجلاً. ويمكن استعمال كل مؤقت بشكل مستقل تماماً. والجدير بالذكر أن خواص هذا المؤقت لا تختلف عن خواص المؤقت 555 القياسى.

د - **المؤقت 555 المزدوج والقليل الطاقة CMOS طراز ICM7556 IPA** : ويحتوى هذا المؤقت على مؤقتين 555 قليلى الطاقة، ويكون فى صور دائرة متكاملة مزدوجة الصفوف DIL بأربعة عشر رجلاً. ويمكن استعمال كل مؤقت بشكل مستقل تماماً. والجدير بالذكر أن هذا المؤقت يتمتع بنفس الخواص الكهربية للمؤقت ICM7555 IPA.

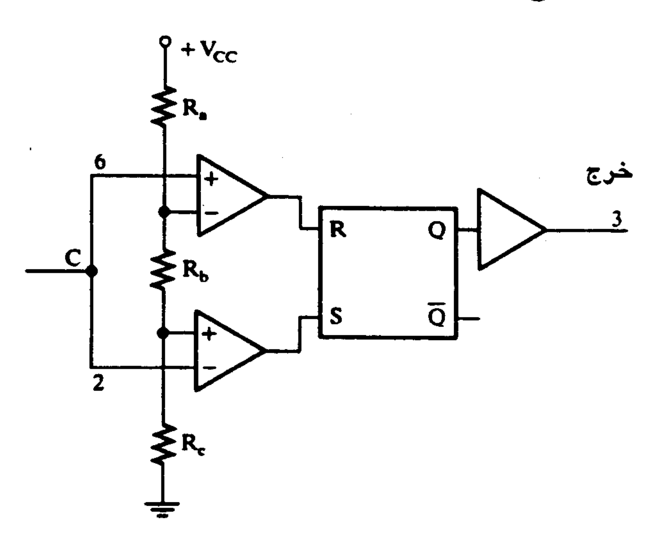
والشكل (٥ – ١٦) يعرض المسقط الأفقى لمؤقت 555 (الشكل أ) وكذلك مؤقت 556 (الشكل ب).



شكل (٥ – ١٦)

٥ / ٥ / ٢ - المذبذب العديم الاستقرار باستخدام المؤقت 555 :

حتى يتسنى لنا معرفة كيف يمكن للمؤقت 555 أن يعمل كمذبذب لا مستقر سنبدأ أولاً بدراسة الشكل (٥ - ١٧)، والذى يوضح فكرة عمل المؤقت 555 حيث يتم توصيل الرجل 6 مع الرجل 2.



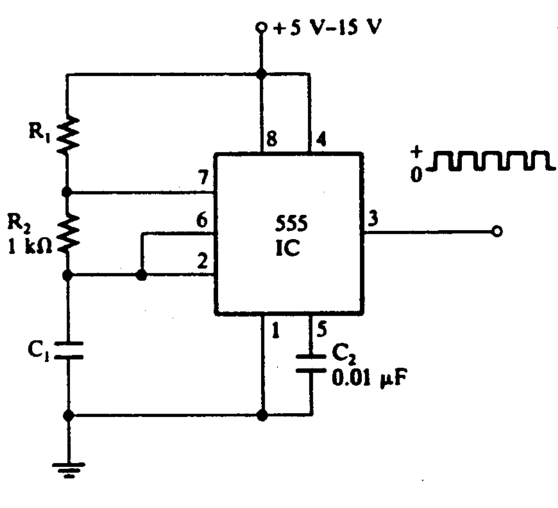
شكل (٥ - ١٧)

والجدول (٥ - ١) يوضح العلاقة بين الخرج المنطقى للمقارن السفلى والمقارن العلوى، والحالة المنطقية لمدخل الإمساك S ومدخل التحرير R والمخرج Q عند قيم مختلفة للجهود عند النقطة C.

الجدول(٥ - ١)

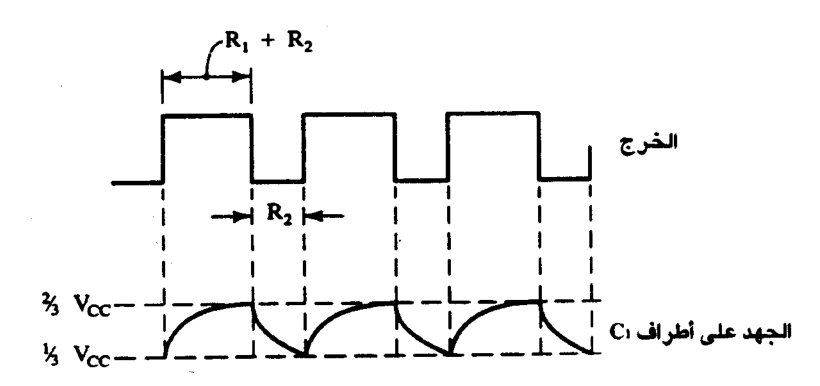
جهد النقطة C	المقارن السفلى	المقارن العلوى	S (set)	R (reset)	Q
0V	1	0	1	0	1
1/3 Vcc	0	0	0	0	1
2/3 Vcc	0	1	0	1	0
Vcc	0	1	0	1	0
2/3 Vcc	0	0	0	0	0
1/3 Vcc	1	0	1	0	1
0V	1	0	1	0	1

والجدير بالذكر أنه يمكن تغيير جهد النقطة C بتوصيل مكثف معها بالأرضى، كما هو مبين بالشكل (٥ – ١٨) للحصول على مذبذب لا مستقر.



شكل (٥ – ١٨)

ويكون شكل موجة الخرج Vo وأيضًا الجهد على أطراف المكثف C1 كما هو مبين بالشكل (٥ – ١٩).



شكل (٥ – ١٩)

ويكون زمن بقاء خرج المؤقت عاليًا T_H مساويًا :

$$T_H = 0.7(R_1 + R_2)\, C \longrightarrow 5.15$$

ويكون زمن بقاء خرج المؤقت منخفضًا T_L مساويًا :

$$T_L = 0.7\, R_2 C \longrightarrow 5.16$$

وبالتالى يكون الزمن الكلى للدورة مساويًا :

$$T = T_H + T_L$$

$$= 0.7\,(R_1 + 2R_2)\, C \longrightarrow 5.17$$

وبالتالى فإن ترددالذبذبات الخارجة يساوى :

$$F = \frac{1}{T}$$

$$F = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)\, C} \longrightarrow 5.18$$

ويكون معامل دورة الخدمة D مساويًا :

$$D = \frac{T_H}{T_H + T_L}$$

$$D = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} \longrightarrow 5.19$$

وتتراوح قيمة المقاومات R ما بين 1.5: 40 KΩ وقيمة المكثف C ما بين (10pf: 10µf) .

ويمكن جعل خرج المؤقت 555 موجة مربعة أى لها معامل دورة خدمة يساوى 0.5 بتوصيل ثنائى على التوازى مع المقاومة R_2، بحيث يكون مهبطه متصلاً بالرجل 7 مع بقاء $R_1 = R_2$.

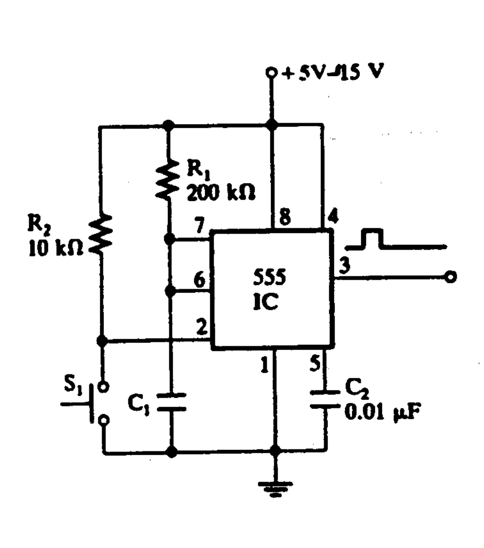
وفيما يلى العلاقات الخاصة بالمؤقت فى هذه الحالة :

$$T_H = 0.7 R_1 C \longrightarrow 5.20$$

$$T_L = 0.7\, R_2\, C \longrightarrow 5.21$$

$$F = \frac{1.44}{C\,(R_1 + R_2)} \longrightarrow 5.22$$

٥ / ٥ / ٣- المؤقت 555 كمذبذب أحادى الاستقرار:



شكل (٥ – ٢٠)

يمكن استخدام المؤقت 555 كمذبذب أحادى الاستقرار، كما بالشكل (٥ – ٢٠) فعند الضغط على S_1 ينخفض جهد الإشعال للرجل 2، وعند الحافة الهابطة (نزول الجهد من عالٍ لمنخفض) يصبح خرج المؤقت Q عاليًا، وبعد شحن المكثف C_1 خلال المقاومة R_1 يعود خرج المؤقت Q منخفضًا مرة أخرى لحين الضغط على S_1 مرة ثانية وهكذا.

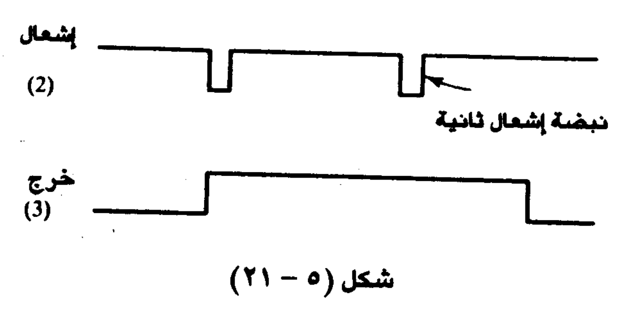
ويكون زمن النبضة مساويًا:

$$T = 1.1\, C_1 R_1 \longrightarrow 5.23$$

علمًا بأن قيمة المقاومة R_1 تتراوح ما بين (1.5 KΩ: 3.3 MΩ) أما المكثف C_1 فتتراوح سعته مابين (470 pf: 470 µf)، ويتراوح زمن النبضة ما بين (1 mS: 30 min).

والشكل (٥ – ٢١) يبين شكل موجة الإشعال على الرجل 2 وشكل موجة الخرج المقابلة.

ويلاحظ أن المذبذب الأحادى الاستقرار المؤلف من المؤقت 555 غير مجدد الإشعال، أى لايمكن زيادة زمن نبضة الخرج عند وصول عدة نبضات دخل منخفضة متلاحقة للمدخل 2.



شكل (٥ – ٢١)

وبهذه الطريقة يمكن استخدام المؤقت 555 ليعمل كمؤقت زمني – أقصى زمن تأخير له 30 min – ولكن يعاب على المؤقت 555 بعدم إمكانية زيادة زمن تأخيره عن 30min وأيضًا عدم دقته نتيجة لتيارات التسرب العالية والناتجة عن استخدام مكثفات كيميائية عالية السعة.

والجدير بالذكر أنه يمكن تحرير خرج المؤقت 555 بوصول نبضة تحرير عند الحافة الهابطة لمدخل التحرير حتى ولو لم ينته زمن النبضة.

٥ / ٦ – المؤقت الزمني الدقيق ZN1034 E :

لقد استطاع المؤقت ZN1034E أن يحل مشاكل المؤقت 555 فله زمن تأخير عالي يتراوح ما بين (50 mS:22 Week) خمسون ملي ثانية إلى اثنين وعشرين أسبوعًا وله دقة عالية.

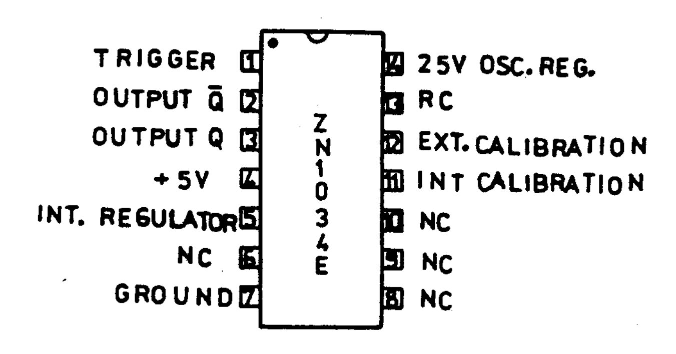
وتصل شدة التيار الخارج أو الداخل لمخارجه إلى 25 mA، ويحتاج لجهد منبع تغذية 5Vdc + بتفاوت ±0.25V.

والشكل (٥ – ٢٢) يبين مسقطًا أفقيًا للدائرة المتكاملة ZN1034E.

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة :

الرجل 1 إشعال
الرجل 2 المخرج المعكوس $\overline{Q}$
الرجل 3 المخرج Q
الرجل 4 الجهد الموجب للمصدر +5V

الرجل 5	منظم جهد داخلى	
الرجل 6	غير مستخدم	NC
الرجل 7	الأرضى	
الأرجل 8,9,10	غير مستخدمة	NC
الرجل 11	معايرة داخلية	
الرجل 12	معايرة خارجية	
الرجل 13	توصل مع المقاومة والمكثف الخارجيين	
الرجل 14	منظم المذبذب عند جهد 2.5 V	



شكل (٥ - ٢٢)

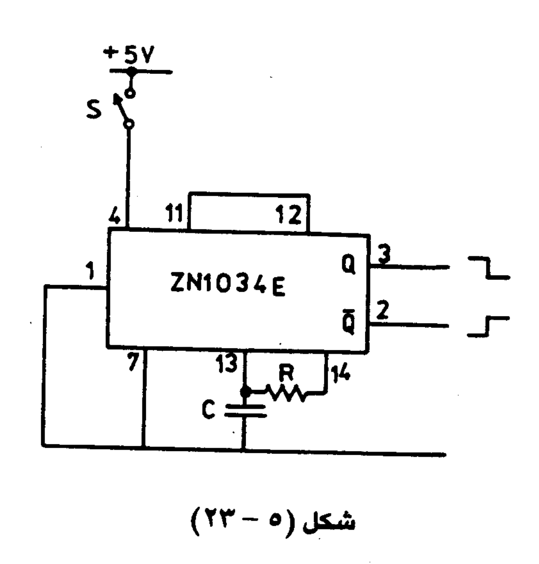
والشكل (٥ - ٢٣) يبين طريقة توصيل المؤقت ZN1034E للحصول على تأخير زمنى من لحظة غلق المفتاح S_1 يساوى :

$$t = 2735\ CR \longrightarrow 5.24$$

حيث إن :

R = 5 KΩ:5 MΩ

C = 3.3 nf: 1000μf



شكل (٥ – ٢٣)

فعند غلق المفتاح S_1 ترتفع حالة المخرج Q (الرجل3) خلال فترة تأخير المؤقت t، وتكون حالة المخرج $\overline{Q}$ (الرجل 2) هى معكوس حالة المخرج Q (الرجل 3)، وهذا موضح فى الشكل (٥ – ٢٤).

ويمكن تغذية الدائرة المتكاملة ZN1034E من مصدر جهد يتراوح ما بين (+6: 450VDC) بتوصيل مقاومة على التوالى مع الرجلين 4,5 وتحسب قيمة هذه المقاومة من العلاقة التالية.

$$R = \frac{V_{CC} - 5}{I_L + 7} \ (K\Omega) \rightarrow 5.25$$

حيث إن:

جهد المصدر V_{CC}

تيار الحمل بالملى أمبير I_L

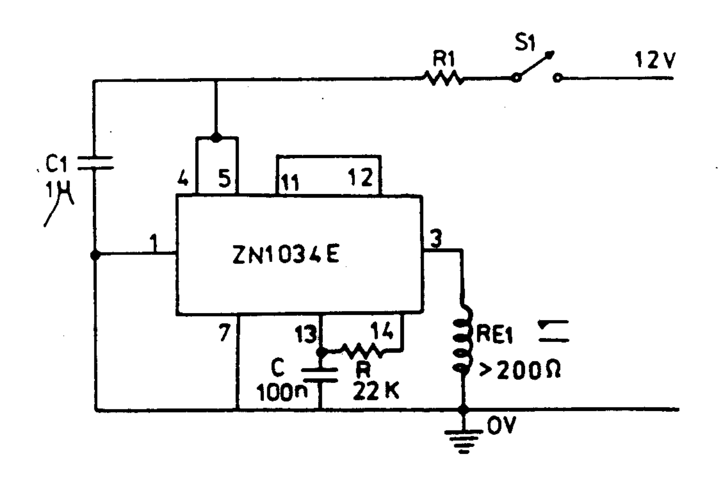
والشكل (٥ – ٢٥) يعرض دائرة مؤقت زمنى، يؤخر عند التوصيل (أى وصول الجهد الكهربى له) زمنًا مقداره:

شكل (٥ – ٢٤)

$$t = 2735\ CR$$

$$= 2735 \times 100 \times 10^{-9} \times 22 \times 1000 = 65$$

ويعمل هذا المؤقت عندجهد +12V. فعند وصول المفتاح S_1 يقوم الريلاىRE_1 بغلق ريشته الخارجية مدة زمنية 6S.



شكل (٥ – ٢٥)

٥ / ٧ – المؤقت الزمنى المبرمج XR-2240:

المؤقت الزمنى XR-2240 له زمن تأخير يتراوح ما بين (1μS: 1month) أى ميكروثانية إلى شهر، ويعمل عند مدى واسع لجهد التغذية يتراوح مابين(4:15 V)، ويستخدم مع دوائر TTL وأيضاً مع دوائر CMOS، له زمن تأخير مبرمج يساوى:

$$t = (1RC: 255RC)$$

حيث إن: المقاومة R والمكثف C يتم توصيلهما خارجياً مع المؤقت XR-2240، كما سيتضح فيما بعد. والشكل (٥ – ٢٦) يبين المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة XR-2240.

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة XR-2240 :

الأرجل 8-1 مخارج المؤقت وخرجها ثنائى ويكافئ عشريًا (1:255)

الرجل 9 جهد المنبع السالب GND

الرجل 10 تحرير

الرجل 11 إشعال

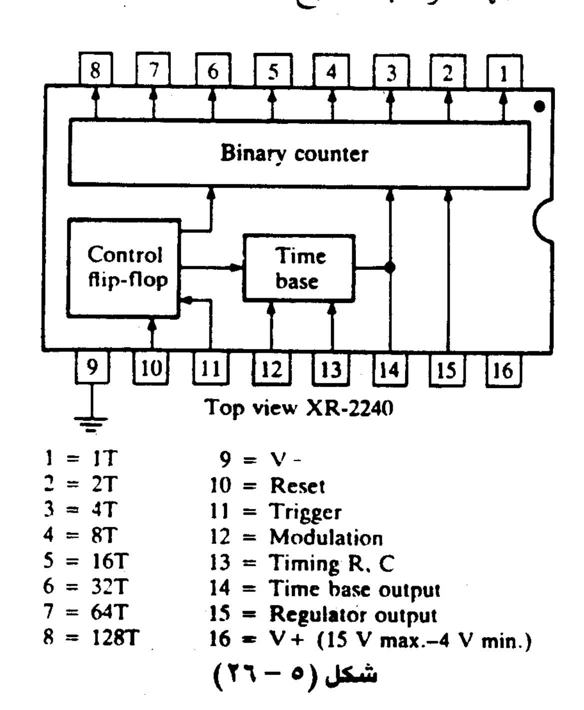
الرجل 12 تضمين Modulation

الرجل 13 مقاومة ومكثف

الرجل 14 أساس الزمن الخارج

الرجل 15 خرج منظم الجهد الداخلى

الرجل 16 الجهد الموجب للمنبع +Vcc



شكل (٥ – ٢٦)

ويحسب أساس زمن المؤقت XR-2240 من العلاقة

$T_B = RC$ (sec) ⟶ 5.26

$R = 1\ K\Omega : 10\ M\Omega$

$C = (10\ nF : 1000\ \mu F)$

ويصل شدة تيار خرج المؤقت المبرمج XR-2240 إلى 15 mA .

والشكل (٥ - ٢٧) يبين طريقة استخدام المؤقت XR-2240 كمذبذب أحادى الاستقرارمبرمج يمكن تغيير زمن تأخيره بواسطة المفاتيح (S_1- S_8).

فعند غلق المفتاح S_1,S_2,S_6 - مثلاً - فإن زمن تأخير المؤقت عند وصول نبضة عالية للمدخل11 يساوى:

$$T = nT_B \longrightarrow 5.27$$

حيث إن:

n تساوى مجموع رتب المفاتيح المغلقة، T_B هو أساس الزمن للمؤقت.

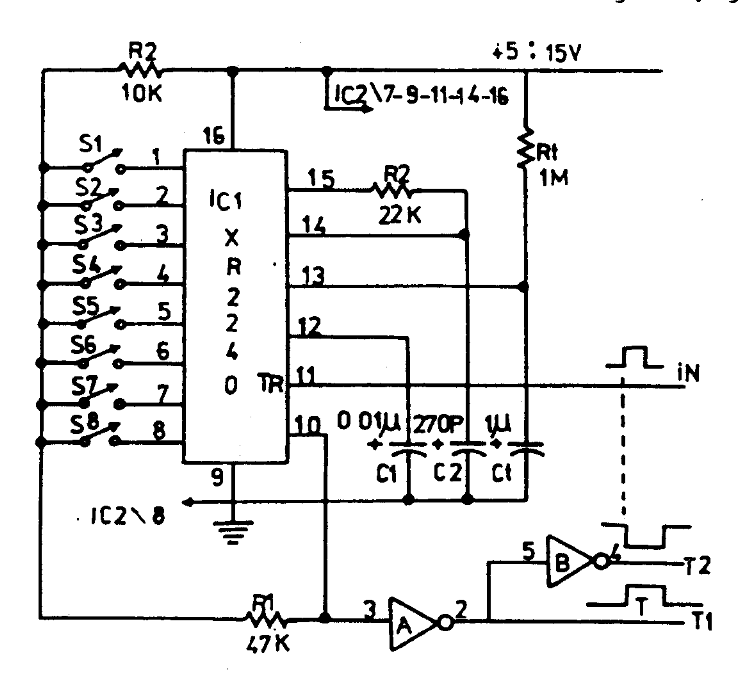
وبالتالى فإن:

$$n = 1+2^0 + 2^5 = 35$$

$$T_B = R_t\, C_t =1S$$

$$T = 35 \times 1= 35S$$

فتخرج نبضة منخفضة من المخرج T_2 فى حين تخرج نبضة عالية من المخرجT_1 ويكون زمنها مساوياً 35 S .



شكل (٥ - ٢٧)

الباب السادس

مصادر القدرة المستمرة

Dc. Power Supplies

مصادر القدرة المستمرة

Dc. Power Supplies

٦ / ١ - مقدمة :

فى هذا الباب سنتعرض لمصادر التيار المستمر، والتى تتألف من محول وعناصر توحيد .

وهذه المصادر تكون إما منتظمة Regulated أو غير منتظمة Unregulated . وتتميز مصادر القدرة المنتظمة بثبات الجهد الخارج مهما تغير تيار الحمل .

والجدير بالذكر أنه توجد عدة عوامل تؤثر على الجهد الخارج من مصدر القدرة وهى :

- جهد الخط لمصدر التيار المتردد .
- تيار الحمل .
- درجة الترشيح .

وسوف نقيس أداء مصادر القدرة بالمتغيرات التالية :

١ - معامل طرد التموجات Ripple Rejection Factor : وهو قدرة المرشح أو المنظم على تقليل الذبذبات الموجودة فى الجهد الداخل عليه، ويعبر عنه بالديسيبل .

$$= 20 \log_{10} \left(\frac{V_{ri}}{V_{ro}}\right) \longrightarrow 6.1$$

حيث إن :

قيمة جهد النموذج فى الدخل V_{ri} .

قيمة جهد النموذج فى الخرج V_{ro} .

٢ - **تنظيم الخط Line Regulation (LR)** : وهو تغير قيمة جهد الخرج المستمر والناتج عن تغير جهد الخط المتردد مع ثبات باقى المتغيرات،ويساوى :

$$LR = V_{nL} - V_{FL} \longrightarrow 6.2$$

حيث إن :

جهد الخرج عند اللاحمل	V_{nl}
جهد الخرج عند الحمل الكامل	V_{FL}

٣ - **تنظيم الحمل Load Regulation (LDR)** : وهو تغير قيمة جهد الخرج والناتج عن تغير الحمل مع ثبات باقى المتغيرات، ويساوى :

$$LDR = (V_{o\,max} - V_{o\,min}) \rightarrow 6.3$$

حيث إن :

جهد الخرج الأقصى	$V_{o\,max}$
جهد الخرج الأدنى	$V_{o\,min}$

علماً بأن $V_{o\,max}$ و $V_{o\,min}$ يقاسا عند حدود معينة لتيار الخرج I_o .

٦ / ٢ - دوائر مصادر القدرة الأساسية غير المنتظمة :

إن أكثر الأجهزة الإلكترونية تستخدم مصادر قدرة تقليدية والتى تتكون من :

١ – محول خفض يقوم بخفض جهد مصدر التيار المتردد للجهد المطلوب . كما أنه يقوم بعزل مصدرالتيار المستمر عن مصدر التيار المتغير.

٢ – وحدة التوحيد والترشيح وتقوم بتحويل الجهد المتردد على الجانب الثانوى للمحول لجهد مستمر ناعم (بدون ذبذبات) .

والشكل (٦ – ١) يعرض نموذجاً للدائرة التى يكثر استخدامها كمصدر قدرة غير

شكل (٦ – ١)

منتظم. وفيما يلى العلاقة بين جهد الخرج المستمر وجهد الملف الثانوى المتردد للمحول:

$$Vo = 1.41\ Vs \longrightarrow 6.4$$

حيث إن:

جهد الخرج المستمر على أطراف الحمل Vo.

جهد الملف الثانوى المتردد Vs.

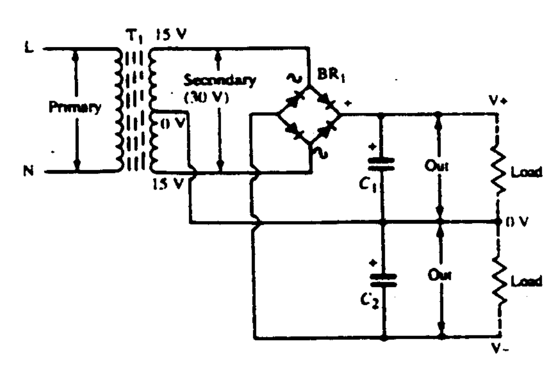
والشكل (٦ - ٢) يعرض نموذجًا آخر لدائرة مصدر قدرة مستمر وغير منتظم باستخدام محول بنقطة تفرع فى المنتصف فى ملفه الثانوى.

شكل (٦ -٢)

وفيما يلى العلاقة بين جهد الخرج المستمر وجهد الملف الثانوى المتردد للمحول:

$$Vo = 0.71\ Vs \longrightarrow 6.5$$

والشكل (٦ - ٣) يعرض نموذجًا لدائرة مصدر قدرة مستمر غير منتظم ومزدوج، أى يعطى جهدًا موجبًا V+ وجهدًا سالبًا V- فى آن واحد.



شكل (٦-٣)

حيث إن:

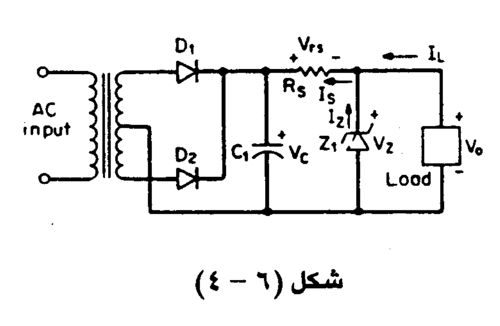
$$+Vo = -Vo = 0.71\ Vs \longrightarrow 6.6$$

ولمزيد من التفاصيل ارجع لفقرة دوائر التوحيد (٢/٥/٢).

٦ / ٣ - مصادر القدرة ذات المنظمات المتوازية :

Shunt-Regulated power Supplies

الشكل (٦ - ٤) يعرض مصدر قدرة بمنظم جهد متوازى عبارة عن موحد زينر يوصل بالتوازى مع الحمل، وهذه الدائرة تستخدم فى التطبيقات التى تحتاج لتيار منخفض لا يتعدى 100 mA والمعادلات التالية مفيدة عند اختيار عناصر هذه الدائرة.



شكل (٦ - ٤)

$$V_O = V_Z = V_C - I_S R_S \longrightarrow 6.7$$

$$I_S = I_Z + I_L \longrightarrow 6.8$$

حيث إن :

جهد الخرج المستمر	V_O
جهد موحد الزينر	V_Z
الجهد على أطراف المكثف C_1	V_C
تيار موحد الزينر	I_Z
تيار الحمل	I_L
التيار المار فى المقاومة R_S	I_S

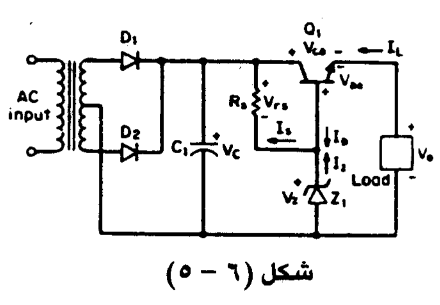
ويقوم موحد الزينر Z_1 بالمحافظة على جهد أطراف الحمل ثابت ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (٢ / ٥ / ٣).

٦ / ٤ - مصادر القدرة ذات المنظمات المتوالية :

Series-Regulated Power supplies

الشكل (٦ - ٥) يعرض نموذجًا لمصدر قدرة بمنظم توالى، حيث يستخدم

التـرانزسـتـور Q1 لامـتـصـاص الفـرق فى الجـهـد بين جـهـد الدخل وجـهـد الخـرج ولزيادة تيـار الحـمل. والمعـادلات التـاليـة مفـيـدة عن اختـيار العناصر المختلفة لهذه الدائرة.



شكل (٦ - ٥)

$$Vo = Vc - Vce \longrightarrow 6.9$$

$$Vo = Vz - Vbe \longrightarrow 6.10$$

$$Iz = Is - I_b \longrightarrow 6.11$$

$$Iz = \frac{Vc - Vz}{Rs} - \frac{I_L}{H_{FE}} \longrightarrow 6.12$$

حيث إن:

جهد الحمل المستمر	Vo
الجهد على أطراف المكثف	Vc
جهد ثنائى الزينر	Vz
فرق الجهد بين مجمع وباعث الترانزستور Q_1	Vce
فرق الجهد بين قاعدة وباعث الترانزستور Q_1	Vbe
تيار الزينر	Iz
التيار المار فى المقاومة Rs	Is
تيار قاعدة الترانزستور Q_1	Ib
معامل كسب التيار للترانزستور Q_1	H_{FE}

نظرية عمل الدائرة:

من المعـروف أنه عند تحول التـرانزسـتـور لحالة التـشبع فإن فـرق الجـهـد بين قـاعـدة وباعـث التـرانزستـور Vbe يكون ثابتًا ويساوى تقريبًا 0.7 V. وحيث إن جـهـد ثنائى الزينر Vz ثابتـا لذلك فإن جـهـد الحـمل Vo سيكون بالطبع ثابتًا (المعادلة 6.10). وعنـد تغيـر جـهـد الخـط المتـردد سيـتـغيـر الجـهـد على أطراف المكثف Vc مما يؤدى

لتغير فرق الجهد بين مجمع وباعث الترانزستور Vce للمحافظة على بقاء Vo ثابتا (المعادلة 6.9) .

٦ / ٥ – منظمات الجهد المتكاملة ذات الأطراف الثلاثة :

3 Terminal Regulators

تنقسم منظمات الجهد المتكاملة ذات الأطراف الثلاثة إلى :

١ – منظمات لها خرج ثابت Fixed Voltage Regulators

٢ – منظمات لها خرج قابل المعايرة Variable Voltage Regulators

وتتميز منظمات الجهد المتكاملة باحتوائها على نظام داخلى يعمل على قطع جهد الخرج عند تعدى تيار الحمل للقيمة العظمى المسموح بها وأيضًا عند ارتفاع درجة حرارتها .

٦ / ٥ / ١ – المنظمات ذات الخرج الثابت :

تنقسم هذه المنظمات إلى عائلتين، وهما :

أ – منظمات الجهد الموجبة طراز ...78 .

ب – منظمات الجهد السالبة طراز ...79 .

علمًا بأن هذه المنظمات تتواجد بقيم مختلفة لتيار وجهد الخرج، ويمكن معرفة الجهد المقنن. والتيار الأقصى لمنظم الجهد الثلاثى الأرجل ذات الخرج الثابت من الامتداد . . . فالتيار الأقصى يشار إليه بالجزء الأول من الامتداد، حيث إن :

L = 100 mA , بدون = 1A , S = 2A

بينما الجهد المقنن يشار إليه بالجزأين التاليين من الامتداد، وأهم الجهود المقننة القياسية هى V 24 , 15 , 12 , 9 , 6 , 5 . .

على سبيل المثال 7805 هو منظم ثلاثى ثابت الخرج يعطى جهد خرج 5V+ وتيار أقصى 1A فى حين أن الدائرة المتكاملة 79L15 هى منظم جهد ثلاثى ثابت الخرج يعطى جهداً مقنناً 15V- وتيار أقصى 100 mA وهكذا .

وعادة فإن جهد دخل المنظم نحصل عليه من المعادلة :

$$Vo + 3 \leq Vi \leq Vo + 6$$

حيث إن :

جهد الخرج للمنظم Vo

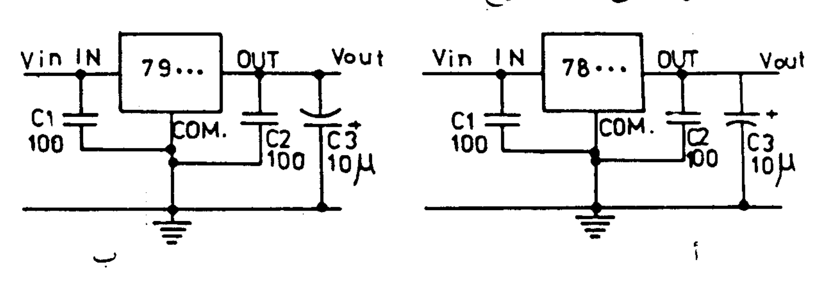
جهد الدخل للمنظم Vi

والجدول (٦ – ١) يعرض خواص منظمات الجهد الثابتة :

الجدول (٦ – ١)

معامل طرد الذبذبات	تنظيم الحمل	تنظيم الخط	حدود الدخل	الطراز
68dB $8 \leq Vi \leq 18$ V	40 mv 5 m A $\leq Io \leq 1.5$ A	7 mv 7 V $\leq Vi \leq 25$ V	7.2 : 35 V	Mc 7805 CT
	46 mV 5 m A $\leq Io \leq 1.5$ A	13 mv 14.5 V $\leq Vi \leq 30$ V	14.5V : 35 V	Mc 7815 CT
56 dB 18.5 V $\leq Vi \leq 28.5$V	52 mV 5 mA $\leq Io \leq 1.5$ A	13 mV 27V $\geq Vi \geq 38$ V	17.6 V: 35V	Mc 78.15 CT
70 dB $Io = 20$ mA	11 mV 5 m A $\leq Io \leq 1.5$ A	35 mV -7V $\geq Vi \geq -25$V	- 7.2 V : - 35 V	Mc 7905 CT
61 dB $Io = 20$ mA	46 mV 5 mA $\leq Io \leq 1.5$ A	55 mV -14.5V $\geq Vi \geq -30$V	- 14.5 V : - 35 V	Mc 7912 CT
60 dB $Io = 20$ mA	68 mV 5 mA $\leq Io \leq 1.5$ A	57 mV $-17.5 \geq Vi \geq -30$V	- 17.6 : - 35 V	Mc 7915 CT

والشكل (٦ - ٦) يعرض دائرتين أساسيتين للمنظمات الثلاثية الأرجل الثابتة الجهد، الأولى (أ) صممت للحصول على جهد خرج موجب؛ والثانية (ب) صممت للحصول على جهد خرج سالب.

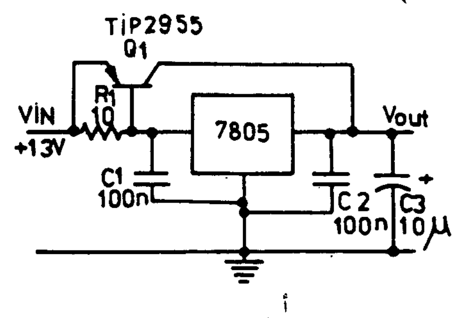


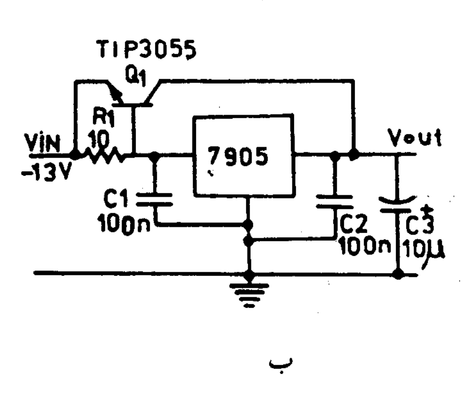
شكل (٦ - ٦)

والشكل (٦ - ٧) يعرض دائرتين مختلفتين لزيادة تيار المنظمات الثابتة الجهد الثلاثية الأرجل. فالشكل(أ) يعرض دائرة منظم يعطى تيار خرج 5 A وجهد خرج سالب.

وعادة يتم توصيل مكثفات على التوازى مع مداخل ومخارج المنظمات الثلاثية الأرجل لتجنب عدم الاتزان عند الترددات العالية.

علمًا بأن جهد الدخل غير المنظم يجب أن يكون فى الحدود الموصى بها من قبل الشركة والمبينة فى الجدول (٦ - ١).

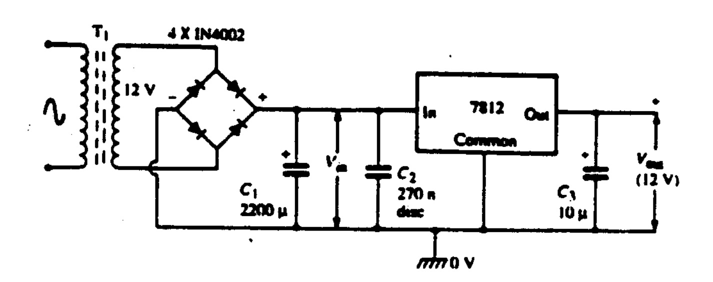




شكل (٦ - ٧)

كما أنه يجب تثبيت هذه المنظمات على مشتتات حرارة Heat Sinks بأحجام تعتمد على توصيات الشركات المصنعة.

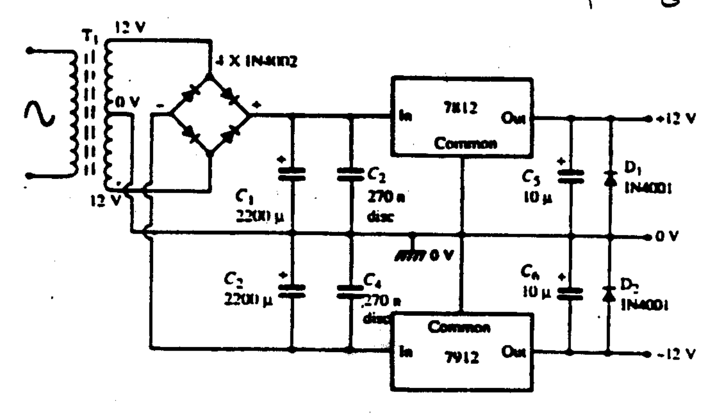
والشكل (٦ – ٨) يبين دائرة لمصدر تيار مستمر بخرج منظم وموجب حيث يستخدم منظم ثلاثي الأرجل بخرج ثابت طراز 7812 لذلك فإن قيمة الجهد المنظم لهذه الدائرة يساوى 12V + والحد الأقصى لتيار الحمل 1A .



شكل (٦ – ٨)

أما الشكل (٦ – ٩) فيبين دائرة مصدر تيار مستمر بخرج منظم ومزدوج حيث يستخدم المنظم 7812 والمنظم 7912 وتعطى هذه الدائرة (+12 V, 0V, -12V) وتياراً أقصى 1A .

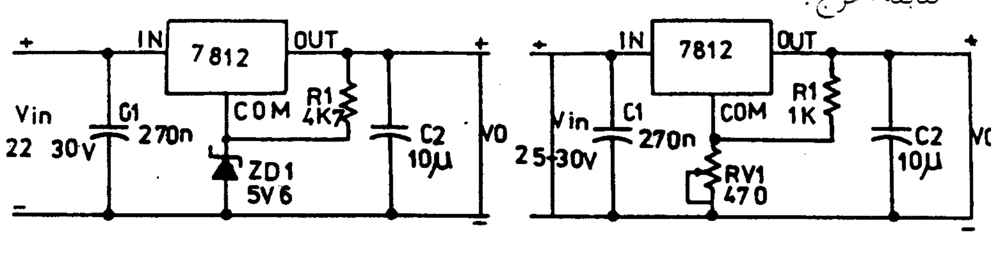
ويعمل الثنائى D1 على حماية المنظم 7812 من التلف عند حدوث قصر على مخرجه، حيث يوقف تفريغ المكثف C5 فى المنظم وبالمثل يعمل الثنائى D2 على حماية المنظم 7912 عند حدوث قصر عند مخرجه، حيث يعمل على إيقاف تفريغ المكثف C6 فى المنظم.



شكل (٦ – ٩)

والجدير بالذكر أن قيمة جهد خرج المنظمات الثابتة يعتمد على جهد الرجل المشتركة Common والتى عادة تكون مؤرضة . ولكن إذا ارتفع جهد الرجل المشتركة عن الصفر فإن جهد خرج المنظم سوف يزداد، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام مقاومة توصل بين الرجل المشتركة والأرضى وحيث إنه يمر عادة تيار صغير بالملى أمبير من المنظمات الثابتة إلى الأرضى خلال الرجل المشتركة لذلك فإن جهد الرجل المشتركة سوف يرتفع معتمداً على قيمة المقاومة، وتباعًا يرتفع جهد خرج المنظم.

والشكل (٦ – ١٠) يوضح طرق زيادة جهد الخرج للمنظمات الثلاثية الأرجل الثابتة الخرج.



ب أ

شكل (٦ – ١٠)

ففى (الشكل أ) فإن جهد خرج المنظم يعتمد على قيمة المقاومة المتغيرة RV_1 ويساوى 12V عندما تكون قيمة المقاومة RV_1 مساوية الصفر، فى حين يساوى 20V عندما تكون قيمة المقاومة RV_1 مساوية 470 Ω.

أما (الشكل ب) فإن جهد خرج المنظم يساوى 17.6 V بدلاً من 12 V، وذلك لأن جهد الخرج يساوى جهد الخرج المعتاد للدائرة المتكاملة 7812 مضافًا إليه جهد الانحياز العكسى الثنائى الزينر ZD_1، أى أن:

$$V_o = 12 + 5.6 = 17.6\ V$$

٦ / ٥ / ٢ – المنظمات ذات الخرج القابل للمعايرة:

الجدول (٦ – ٢) يبين المواصفات الفنية لأهم الدوائر المتكاملة للمنظمات ذات الخرج القابل للمعايرة.

الجدول (٦ - ٢)

الطراز / المواصفات الفنية	LM 338 K	LM 317 T	LM 317 K	LM 317 MP	LM
أقصى تيار خرج	+ 5 A	+ 1.5 A	+ 1.5 A	+ 500 mA	+ 100 mA
جهد الخرج	(1.2: 32 V)	(1.2: 37 V)	(1.2: 37 V)	(1.2: 37 V)	(1.2: 37V)
حدود جهد الدخل	(4: 35 V)	(4: 40V)	(4: 40V)	(4: 40V)	(4: 40 V)

ولهـذه المنظمـات ثلاث أرجل، وهى رجل الدخل **Input** ورجل الخـرج **Output** ورجل الضبط **Adjust** .

وتتميز منظمات الجهد الثلاثية الأرجل ذات الخرج القابل للمعايرة بأن فرق الجهد بين رجل الخرج ورجل الضبط يساوى 1.25 V .

والشكل (٦ - ١١أ) يوضح طريقة توصيل منظمات الجهد ذات الخرج القابل للمعايرة 338 K, 317 K . ويمكن تعيين جهد الخرج من المعادلة التالية :

$$Vout = 1.25\ (1 + \frac{RV_1}{R_1}) \longrightarrow 6.13$$

أى أن :

$$Vout = 1.25\ (\ 1 + \frac{0 : 5000}{200}\ )$$

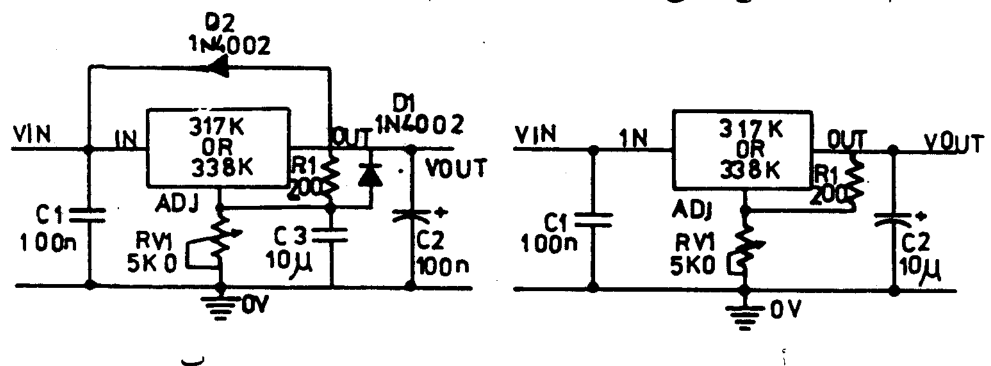
$$= (1.25 : 32.5\ V)$$

ويمكن الحصول على قيم أخرى لجهد الخرج بتغيير قيم المقاومات R_1, RV_1 بحيث لا تزيد R_1 عن (355 Ω) .

والشكل (٦ - ١١ ب) يوضح طريقة توصيل منظمات الجهد ذات الخرج القابل للمعايرة 317K، 318K مع حماية كاملة للمنظم من القصر عند المدخل والقصر عند المخرج . فعندما يحدث قصر عند المدخل فإن المكثف C_2 سوف يفرغ شحنته فى

مخرج المنظم، وهذا قد يسبب انهيار المنظم؛ لذلك يوضع الثنائي D2 لعمل مسار بديل لمرور شحنة المكثف C2 خلاله، ويجب أن يكون D2 قادراً على تحمل تيار يصل إلى 15 A وهو تيار القصر.

وبالمثل فإن الثنائي D1 يمرر شحنة المكثف C3 عند حدوث قصر في دخل أو خرج المنظم، وبالتالي يمنع تفريغ المكثف C3 في المنظم.



شكل (٦ – ١١)

٦ / ٦ – المنظمات المتكاملة ذات الجهد والتيار القابل للمعايرة:

من أشهر هذه المنظمات الدائرة المتكاملة L200 C، حيث تعطي خرجاً قابلاً للمعايرة يتراوح ما بين (2.8 V: 36 V) وتياراً قابلاً للمعايرة بحد أقصى 2 A. وهذه الدائرة المتكاملة مزودة بحماية ضد تجاوز جهد الدخل عن 60V ودائرة وقاية ضد القصر.

والشكل (٦ – ١٢) يبين طريقة استخدام الدائرة المتكاملة L200 C لتنظيم الجهد والتيار والمعادلات التالية خاصة بهذه الدائرة:

$$V_{out} = 2.77\left(1+\frac{RV_1}{R_1}\right)(V) \longrightarrow 6.14$$

$$(I_{out}) = \frac{0.45}{R_2}(A) \longrightarrow 6.15$$

حيث إن:

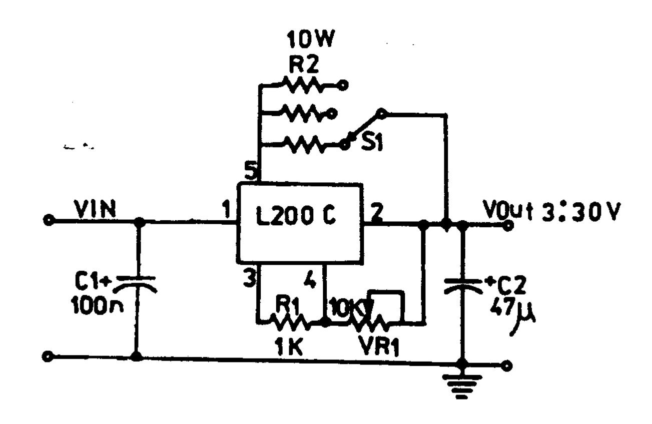
جهد الخرج للمنظم	Vout
تيار الخرج الأقصى للمنظم	(Iout) max

والجدول (٦ – ٣) يبين قيمة (Iout) max عند قيم مختلفة للمقاومة R2 .

الجدول (٦ - ٣)

R_2 (Ω)	0.47	47	470
(Iout) max	1 A	100 mA	10 mA

والجدير بالذكر أنه يمكن تعديل جهد الخرج بواسطة المقاومة المتغيرة VR_1 وتعديل قيمة تيار الخرج الأقصى المسموح به بواسطة المفتاح S_1 حيث يمكن اختيار المقاومة المناسبة R_2 تبعاً للجدول (٦ – ٣) .



شكل (٦ – ١٢)



الباب السابع

التضمين بالنبضات

Pulse Modulation



التضمين بالنبضات

Pulse Modulation

٧ / ١ - مقدمة :

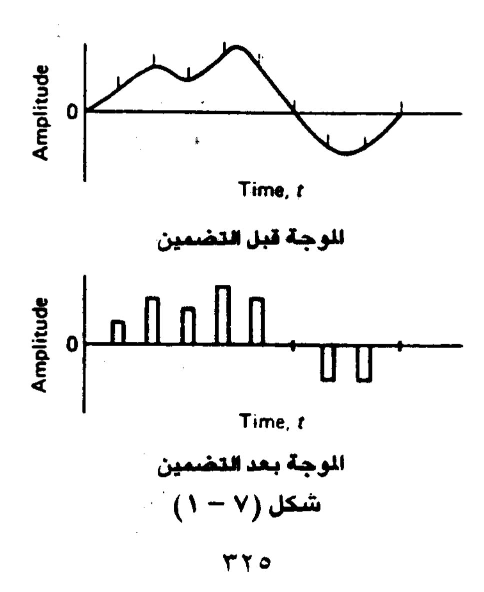
تعرف عملية التضمين بالنبضات بتقطيع الموجات التناظرية إلى نبضات بحيث تحمل هذه النبضات نفس خواص الموجة الأصلية . والجدير بالذكر أن التضمين بالنبضات يعتبر من المواضيع المهمة فى التحكم فى السخانات الكهربية، وكذلك التحكم فى سرعة محركات التيار المستمر والمحركات الاستنتاجية .

وسوف نتناول أهم طرق التضمين بالنبضات فى هذا الباب .

٧ / ٢ - التضمين بنبضات متغيرة فى السعة (PAM) :

حيث يتم تقسيم زمن الدورة الكاملة للموجة الأصلية إلى فترات متساوية Samples، ويوضع فى كل فترة نبضة، بحيث يكون زمن هذه النبضات ثابتًا، ولكن تختلف هذه النبضات فى القيمة بما يتناسب مع قيمة الموجة الأصلية فى هذه الفترة .

والشكل (٧ - ١) يوضح شكل الموجة التناظرية قبل وبعد التضمين بنبضات متغيرة السعة (PAM) .



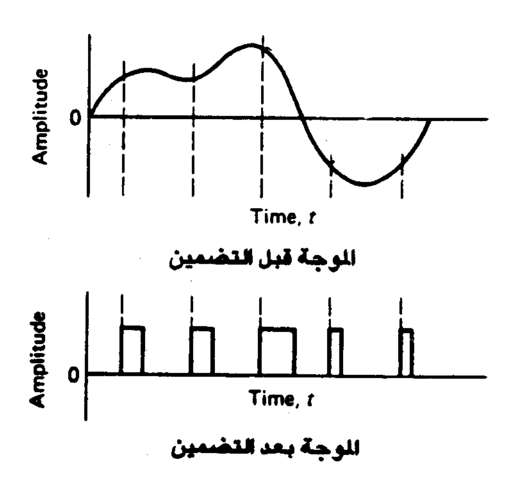
شكل (٧ - ١)

٧ / ٣ – التضمين بنبضات متغيرة العرض (PWM) :

حيث يتم تقسيم زمن الدورة الكاملة للموجة الأصلية إلى فترات متساوية Samples، ويوضع فى كل فترة نبضة، بحيث تكون سعة هذه النبضات ثابتة، ولكن عرض (زمن) هذه النبضات يختلف من نبضة لأخرى، ويتناسب هذا الزمن تناسبًا طرديًا مع سعة الموجة التناظرية المقابلة فى نفس الفترة.

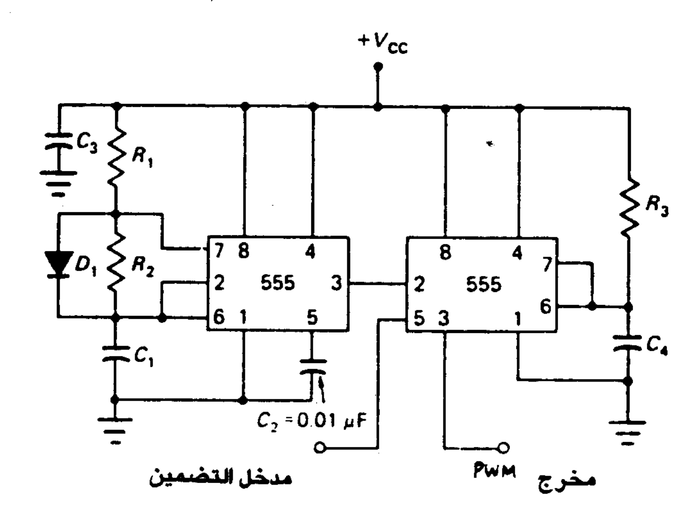
علمًا بأن الفترة الزمنية بين بداية كل نبضة والتى تليها ثابتة وتساوى زمن الفترة Sample. والشكل (٧ – ٢) يوضح طريقة تضمين موجة تناظرية بنبضات متغيرة العرض (PWM).

وعادة فإن عرض هذه النبضات يتراوح ما بين (%80 :%20) من عرض الفترة.



شكل (٧ – ٢)

والدائرة الموضحة بالشكل (٧ – ٣) تستخدم لتضمين الموجات التناظرية بنبضات متغيرة العرض PWM.



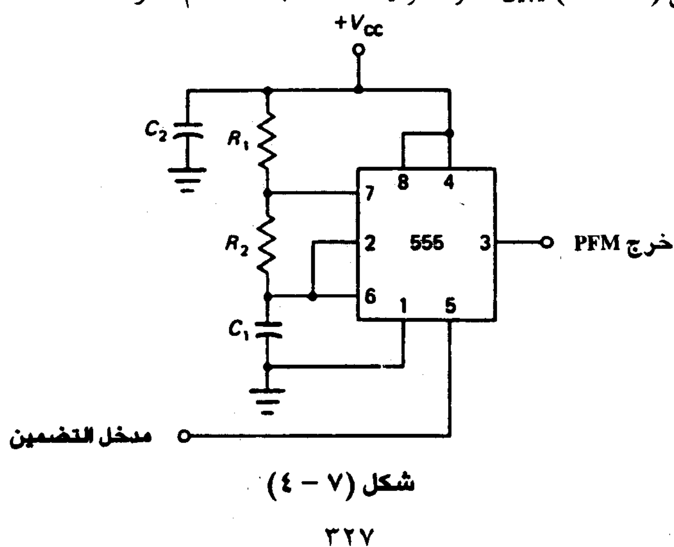
شكل (٧ – ٣)

والجدير بالذكر أن تضمين الموجات التناظرية بنبضات متغيرة العرض من أهم طرق التضمين المستخدمة فى التحكم فى السخانات الكهربية ومحركات التيار المستمر والتيار المتردد.

٧ / ٤ – التضمين بنبضات متغيرة التردد (PFM) :

حيث يتم تقسيم زمن الدورة الكاملة للموجة الأصلية إلى فترات متساوية Samples، وتملأ كل فترة بعدد من النبضات المتساوية فى السعة والعرض (الزمن) ولكن بعدد يتناسب طردياً مع سعة الموجة الأصلية فى هذه الفترة.

والشكل (٧ – ٤) يبين دائرة لتوليد PFM باستخدام دائرة متكاملة 555.



شكل (٧ – ٤)

أما الشكل (٧ – ٥) فيعقد مقارنة بين طرق التضمين المختلفة.

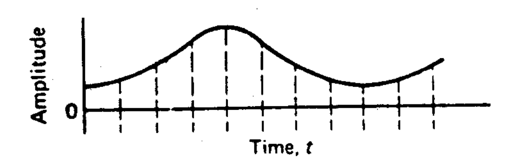
كما يلي:

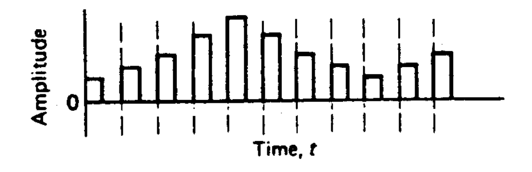
أ – يعرض موجة تناظرية.

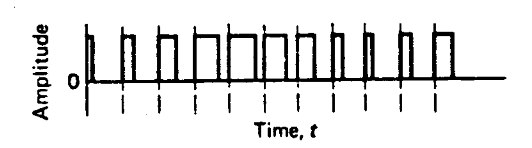
ب – يعرض طريقة التضمين بنبضات متغيرة السعة (PAM).

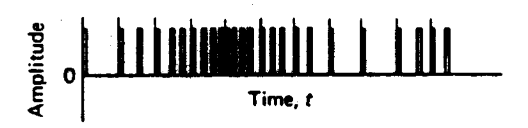
جـ – يعرض طريقة التضمين بنبضات متغيرة العرض (PWM).

د – يعرض طريقة التضمين بنبضات متغيرة التردد (PFM).









شكل (٧ – ٥)

الباب الثامن

تنفيذ الدوائر الإلكترونية

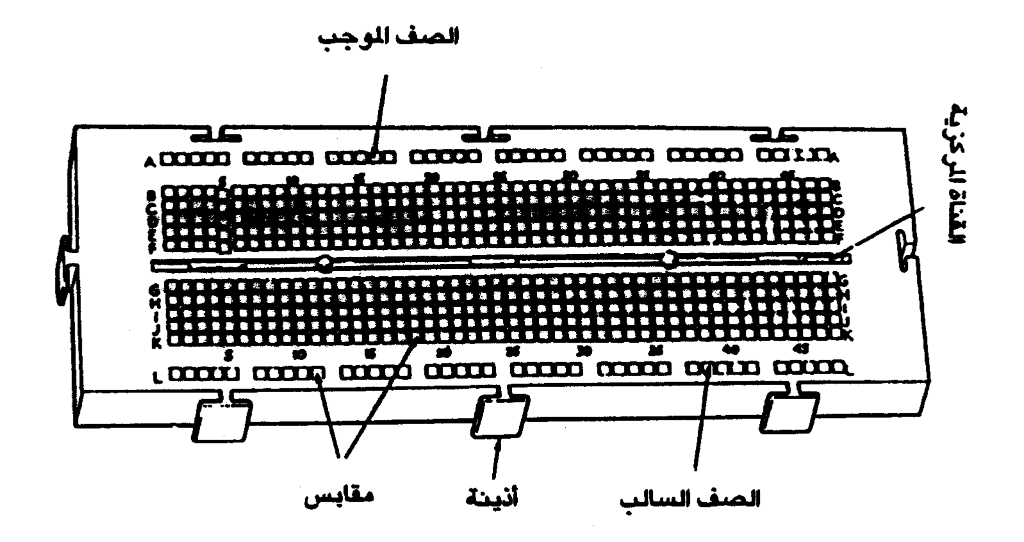


تنفيذ الدوائر الإلكترونية

٨ / ١- لوحة التجارب Bread Board:

لوحة التجارب هى لوحة تستخدم فى تنفيذ الدوائر الإلكترونية بدون لحام، ويمكن بسهولة تبديل عنصر مكان عنصر آخر لمعرفة التأثير الناتج عن هذا التغيير فى أداء الدائرة.

والشكل (٨ – ١) يبين أحد نماذج لوحات التجارب.



شكل (٨ – ١)

فيحتوى هذا النموذج على 12 صفًا، والصف العلوى والسفلى يتكون كل منها من 40 قابسًا متصلة فيما بينها لكل صف. ويخصص الصف العلوى عادة للجهد الموجب للدائرة الإلكترونية، فى حين يخصص الصف السفلى للجهد السالب، أما باقى الصفوف العشرة فيحتوى كل منها على 50 قابسًا، وتتصل مقابس كل عمود أعلى القناة المركزية، وكذلك تتصل مقابس كل عمود أسفل القناة المركزية. فمثلاً تتصل المقابس B10, C10, D10, E10, F10 معًا، وأيضًا تتصل المقابس G12, H12,

J12, F10, J12, K12 جميعًا وهكذا. حيث إن F10 تعنى القابس الموجود فى الصف F والعمود رقم 10. ويزود هذا النموذج بمجموعة من الأذينات والشقوق، فيوجد ثلاث أذينات على امتدادها السفلى وثلاثةشقوق على امتدادها العلوى، وكذلك يوجد أذينة واحدة فى الجهة اليسرى وشق واحد فى الجهة اليمنى.

ويستفاد من الأذينات والشقوق فى تجميع أكثر من لوحة تجارب معًا لعمل لوحة تجارب كبيرة للدوائر الإلكترونية الكبيرة.

فيمكن تجميع مجموعة من لوحات التجارب إما بالعرض أو بالطول، حيث تدخل أذينات لوحة التجارب فى شقوق اللوحة الأخرى وهكذا.

والجدير بالذكر أن لوحات التجارب لا يمكن الاعتماد عليها بشكل نهائى، فهى تستخدم للتجارب فقط كما هو واضح من اسمها، حيث تستخدم فى اختبار أى دائرة قبل الشروع فى عمل اللوحة المطبوعة لهذه الدائرة الإلكترونية.

٨ / ٢ - لوحات الدوائر المطبوعة Printed Circuit Boards:

تصنع هذه اللوحات من الفيبر أو البكاليت أو الألياف الزجاجية. وهذه المواد عازلة للتيار الكهربى، ويغطى أحد وجهيها أو كلاهما بطبقة رقيقة من النحاس، **ويمكن تقسيم لوحات الدوائر المطبوعة إلى:**

١ - لوحات بوجه واحد من النحاس.

٢ - لوحات بوجهين من النحاس.

٣ - لوحات بوجه نحاس فوتوغرافى.

٤ - لوحات بوجهى نحاس فوتوغرافيين.

أما النوعان الأول والثانى فيستخدمان لمن يرغب فى إنتاج عدد محدود من الكارتات الإلكترونية Electronic Cards، فى حين يستخدم الثالث والرابع من قبل شركات ومصانع الأجهزة الإلكترونية عند إنتاج أعداد كبيرة من الكارتات الإلكترونية بدقة وسرعة عالية.

٨ / ٣ - خطوات تنفيذ دائرة إلكترونية على لوحة بوجه واحد من النحاس :

هناك عدة مراحل متبعة لتنفيذ الدائرة الإلكترونية على لوحة دائرة مطبوعة بوجه من النحاس العادى سنتناولها فى الفقرات التالية :

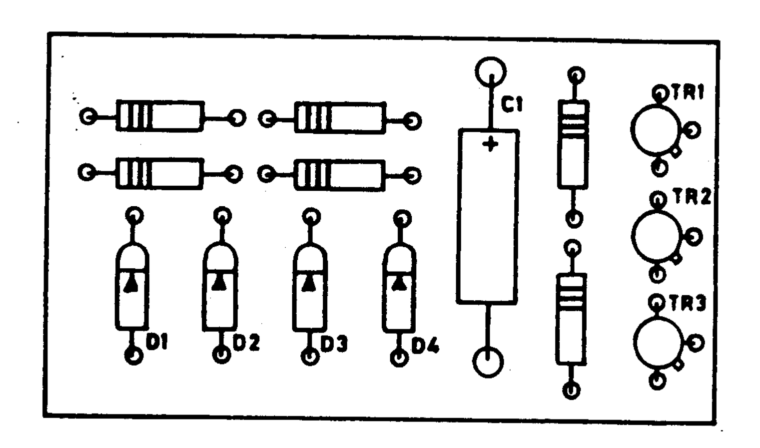
٨ / ٣ / ١ - التخطيط على الورقة من جهة تثبيت العناصر :

يستخدم فى ذلك ورقة شفاف تثبت فوق ورقة مربعات صغيرة محدد عليها الأبعاد الحقيقية للوحة المستخدمة، ثم ترسم العناصر الإلكترونية المستخدمة داخل هذا الإطار بشكل يطابق جسم هذه العناصر، ويجب توزيع العناصر توزيعًا مناسبًا بالأسلوب الذى يتيح الاستغلال الأمثل لكل مساحة اللوحة، حيث توضع هذه العناصر عادة موازية لأحد أبعاد اللوحة .

وترسم المسارات اللازمة بين العناصر لتنفيذ الدائرة الإلكترونية بشكل هندسى منتظم، مع تفادى وجود أى تقاطعات، وذلك بإمرار مسارات تحت العناصر الإلكترونية .

فمثلاً : يمكن إمرار المسارات بين صفى أرجل الدوائر المتكاملة نوع DIL . فقد يصل عدد المسارات المارة داخل صفى الأرجل إلى ثلاثة مسارات . وكذلك يمكن إمرار مسار بين رجلين من أرجل الدائرة المتكاملة نوع DIL . وبالمثل يمكن إمرار مسارات تحت المقاومات والمكثفات . . إلخ

والشكل (٨ - ٢) يبين طريقة التنظيم الجيد للعناصر الإلكترونية لأحد اللوحات الإلكترونية .



شكل (٨ - ٢)

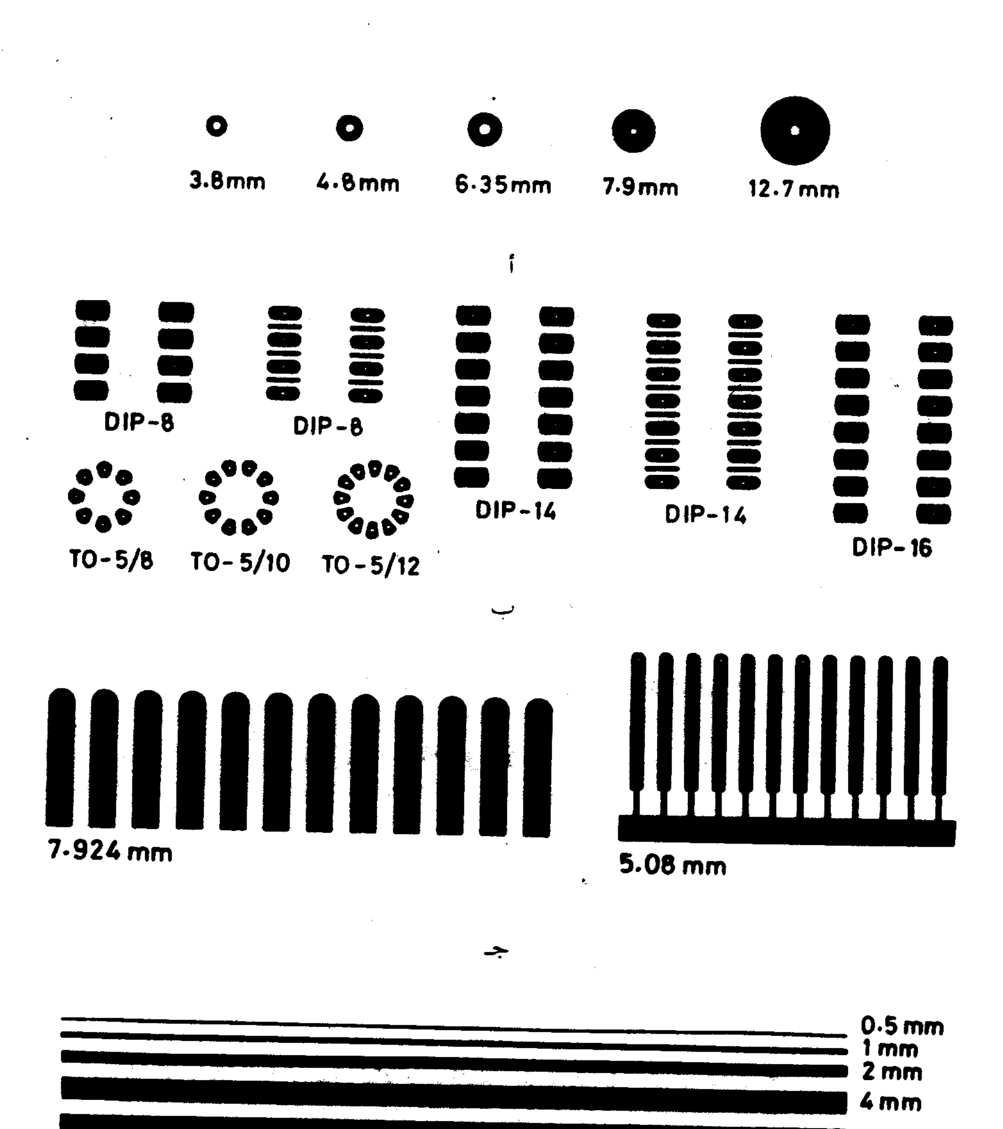
وعادة توضع الرجل رقم 1 للدوائر المتكاملة فى مخطط التوصيل جهة توزيع العناصر لأعلى جهة اليسار.

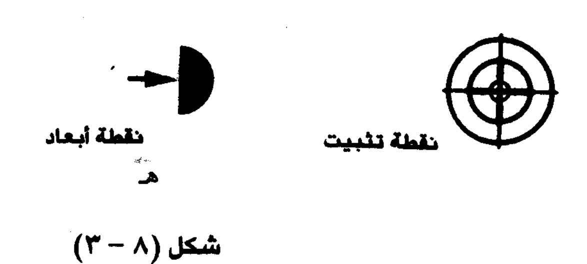
وللحصول على مخطط توصيل العناصر جهة طبقة النحاس (جهة اللحام) نقلب الورقة الشفاف فنحصل على مخطط التوصيل جهة طبقة النحاس، والذى هو مقلوب مخطط التوصيل جهة تثبيت العناصر.

٨ / ٣ / ٢ - نقل مخطط التوصيل جهة لوحة النحاس للوحة:

ويستخدم فى ذلك الرموز والمسارات اللاصقة المختلفة. فالشكل (أ) يبين مقاسات مختلفة لنقاط تثبيت المقاومات والمكثفات والتوصيل العام. والشكل (ب) يبين أشكال مختلفة لقواعد الدوائر المتكاملة بصفين على الجانبين بأعداد أرجل مختلفة ومنها معد لإمرار مسار بين رجلين متجاورين.

والشكل (جـ) يبين نقاط توصيل لوصلة كابل مرن. والشكل (د) يبين مقاسات مختلفة لمسارات التوصيل. والشكل (هـ) يبين نموذجين مختلفين لقاعدة الترانزستور ونقطة أبعاد ونقطة تثبيت.


3.8mm
4.8mm
6.35mm
7.9mm
12.7mm
أ
DIP-8
DIP-8
DIP-14
DIP-14
DIP-16
TO-5/8
TO-5/10
TO-5/12
ب
7.924 mm
5.08 mm
جـ
0.5 mm
1 mm
2 mm
4 mm
8 mm
د


قواعد ترانزستور
نقطة أبعاد
نقطة تثبيت
هـ

شكل (٨ – ٣)

وتلصق فى البداية نقاط المقاومات والمكثفات والترانزستورات . . . إلخ ثم تلصق قواعد الدوائر المتكاملة، بحيث تكون الرجل 1 جهة اليسار ثم بعد ذلك يتم توصيل هذه النقاط معًا لكى يطابق مخطط التوصيل جهة الطبقة النحاس المرسومة بالقلم الرصاص على الورقة الشفاف، وذلك باستخدام المسارات اللاصقة مقاس 0.8 mm أو 0.6 mm.

ويجب أن تكون المسارات اللاصقة جيدة على الوجه النحاس لتلافى التقاطعات فى التوصيل على اللوحة والذى يحدث بعد التحميض، كما يجب تجنب ملامسة أصابع اليد المجردة الوجه النحاسى؛ لأن هذا يحدث مشاكل عند التحميض، فيفضل ارتداء قفاز أطباء خفيف للوصول للحالة المثلى.

والجدول (٨ – ١) يبين العلاقة بين شدة التيار المار وعرض المسار.

الجدول (٨ – ١)

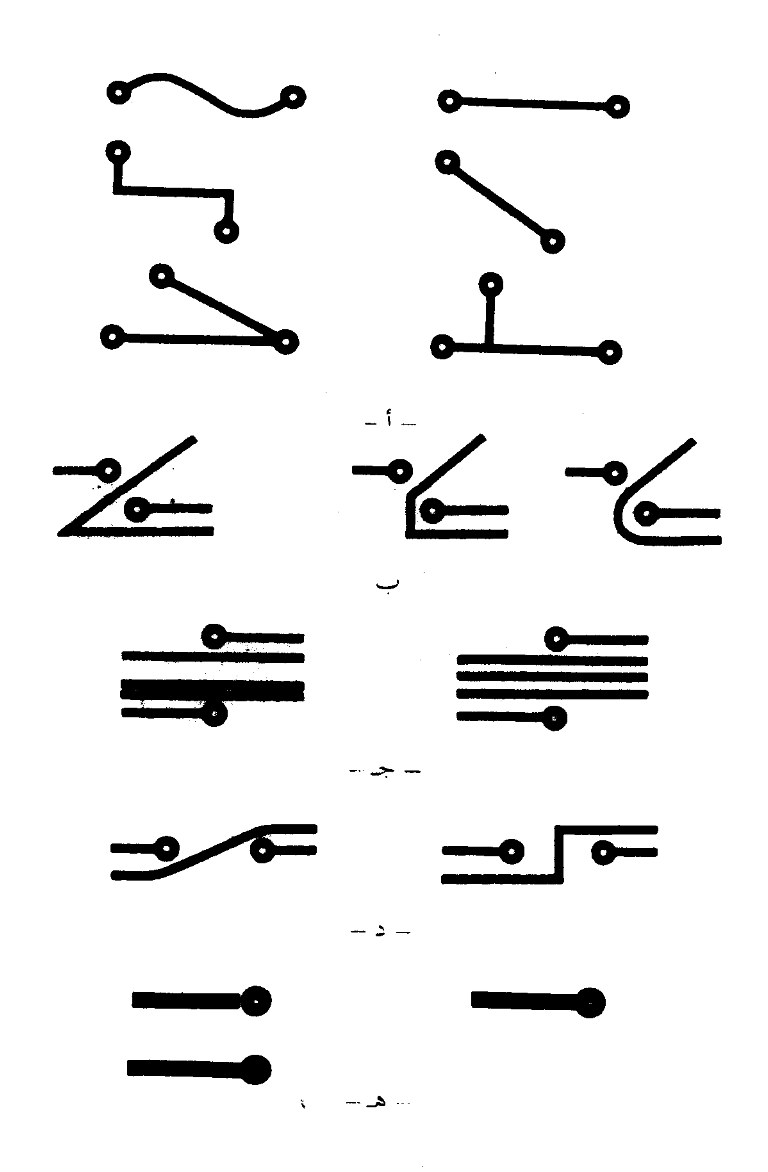
التيـــار mA	< 500 mA	500 : 1500	1500 : 3000
العـــرض mm	0.6	1.6	3

والشكل (٨ – ٤) يبين نماذج مختلفة للمسارات الجيدة والسيئة.

فالشكل (أ): يبين أن المسارات يجب أن تكون **أقصر ما يمكن**.

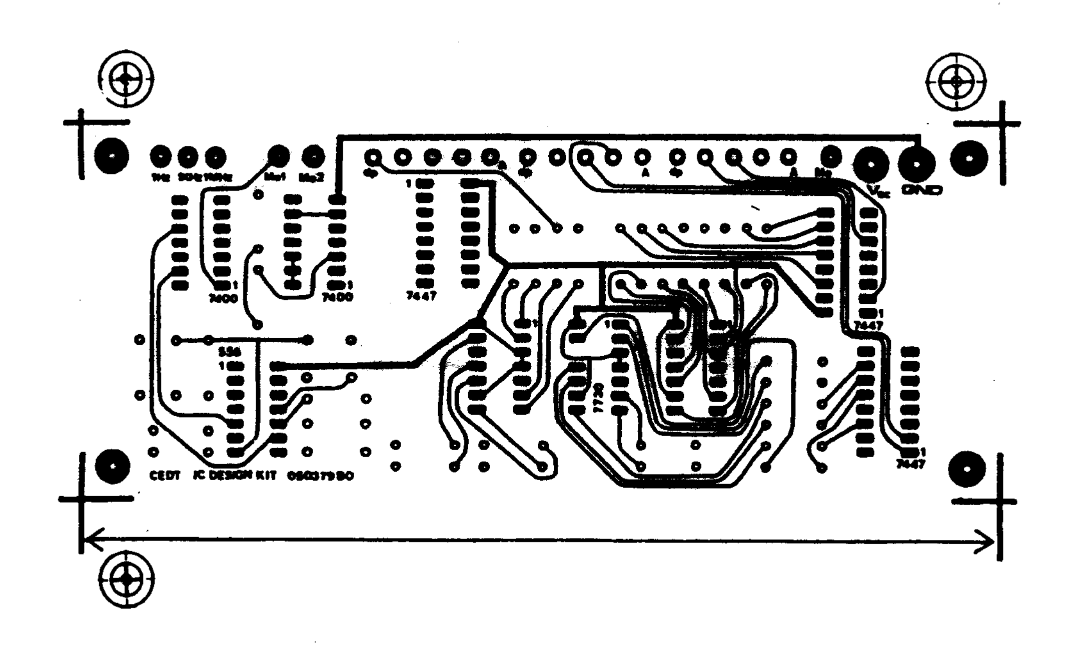
والشكل (ب): يوضح أنه يجب تجنب الزوايا الحادة باستخدام الرموز اللاصقة أما عند استخدام شرائط المسارات الملفوفة فلا يمكن تجنب ذلك.

والشكل (جـ): يوضح أنه يجب عدم ترك مسافة كالشعرة بين المسار ونقطة التثبيت، وعدم عمل انسداد لثقب نقطة التثبيت.



شكل (٨ – ٤)

والشكل (٨ – ٥) يبين أحد الدوائر المطبوعة بعد لصق المسارات اللاصقة عليها.



شكل (٨ – ٥)

٨ / ٣ / ٣ – التحميض والتثقيب :

بعد الانتهاء من التوصيل ومقارنته مع مخطط الدائرة المرسوم على الورق الشفاف جهة الوجه النحاس والتأكد من صحتها نقوم بتحضير الحامض المستخدم، حيث يضاف 350 جرام من مسحوق كلوريد الحديد1 تدريجيًا على نصف لتر ماء من الصنبور، ويفضل ارتداء قفازات مطاطية أثناء تحضير الحامض مع التقليب المستمر

بواسطة ساق من البلاستيك، وبعد الانتهاء من تحضير المحلول يمكن حفظه فى إناء غير معدنى (بلاستيك) مع تغطيته جيداً.

وكلما أردت تشكيل لوحة مطبوعة توضع اللوحة داخل كيس بلاستيك، ويضاف عليها قليل من هذا المحلول، ثم يغلق هذا الكيس جيداً ويوضع فى ماء ساخن لفترة تتراوح ما بين 10 دقائق إلى ربع ساعة.

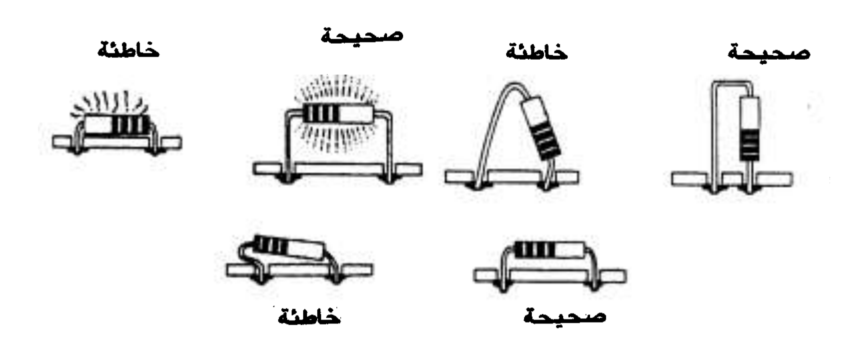
حيث يزال النحاس غير المغطى بالرموز والمسارات اللاصقة، وبعد ذلك يتم التقاط اللوحة بواسطة ملقاط خشبى أو بلاستيكى من داخل الكيس، ثم تغسل اللوحة بعد ذلك بالماء الجارى لإزالة أثر الحامض منها مع مراعاة عدم ملامسة هذا المحلول لأى مكان فى جسمك أو ملابسك، وبعد ذلك تزال الرموز والمسارات اللاصقة من على اللوحة. وبعد الانتهاء من عملية التحميض تبدأ عملية التثقيب، حيث تثقب جميع نقاط تثبيت العناصر بواسطة مثقاب ذى منضدة خاص بلوحات الدوائر المطبوعة، ويكون له ظرف قطره الأقصى 2.4 mm، ويستخدم فى ذلك بنط (ريش) 0.6 mm أو 1mm بحيث يكون الثقب كافيًا لإمرار أرجل العناصر المختلفة، ويكون التثقيب من ناحية النحاس.

٨ / ٣ / ٤ - تثبيت العناصر الإلكترونية:

يفضل تثبيت العناصر الأنبوبية الشكل (المقاومات - الثنائيات) أفقيًا، فى حين ينصح بالتثبيت الرأسى عندما تكون مساحة اللوحة المطبوعة غير كافية، ويجب المحافظة على مسافة معقولة بين العنصر واللوحة المطبوعة للتهوية والتبريد خصوصًا بالنسبة للمقاومات والثنائيات، وتزداد هذه المسافة بزيادة الجهد والقدرة فى حين يجب استخدام مشتتات حرارة Heat sinks لترانزستورات القوى وثنائيات القوى التى تعمل عند تيارات عالية.

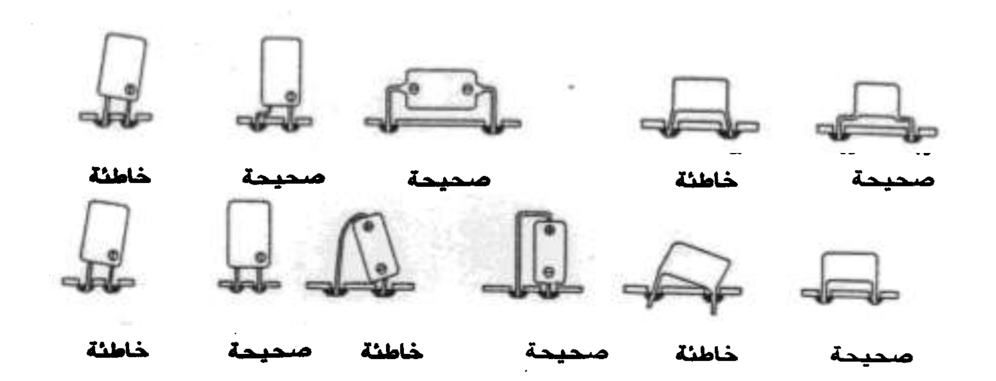
وعادة ينصح بتثبيت العناصر الأقل حساسية لدرجات الحرارة أولاً مثل المقاومات، فى حين تثبت العناصر الأكثر حساسية فى الآخر.

والشكل (٨ - ٦) يبين طريقة التثبيت الصحيحة والخاطئة للمقاومات.



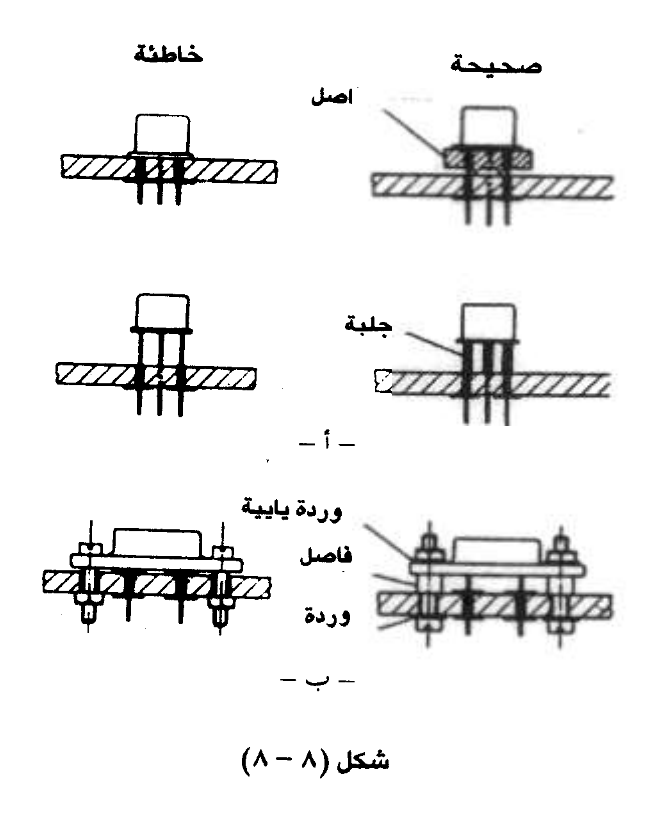
شكل (٨ – ٦)

أما الشكل (٨ – ٧) فيبين طرق التثبيت الصحيحة والخاطئة للمكثفات القرصية (الشكل أ) والمكثفات الكيميائية النصف قطرية والمحورية (الشكل ب).



شكل (٨ – ٧)

فى حين أن الشكل (٨ – ٨) يعرض طرق تثبيت الترانزستورات الصغيرة (الشكل أ) وطرق تثبيت ترانزستورات القدرة (الشكل ب) الصحيحة والخاطئة.



شكل (٨ - ٨)

٨ / ٣ / ٥ - لحام المكونات الإلكترونية :

يستخدم القصدير فى لحام العناصر الإلكترونية التى يتم تثبيتها على لوحات الدوائر المطبوعة فتوضع العناصر الالكترونية من جهة الوجه العازل، فى حين يتم اللحام من جهة الوجه النحاسى. وعادة يكون القصدير على شكل سلك ملفوف على بكرة صغيرة، وهناك نوعان من قصدير لحام الدوائر الإلكترونية، فالأول يحتوى على مادة الفلكس (مادة تقوم بتطهير مكان اللحام من الشحوم والشوائب الأخرى)، والثانى يكون بدون فلكس ويحتاج لفلكس فى عملية اللحام.

ويكون الفلكس إما على شكل الصمغ الخام فى اللون والمظهر، وإما أن يكون على شكل معجون يوضع داخل علبة صغيرة كعلبة الكريم. ولإجراء عملية اللحام نحتاج لكاوية لحام وزرادية ببوز رفيع وقصافة أسلاك، أما كاويات اللحام فهى تتواجد فى صورتين إما كاوية عادية، أو تكون فى صورة محطة لحام.

والشكل (٨ – ٩) يعرض محطة لحام يمكن التحكم فى درجة حرارتها Antistatic Soldering Station وهى مزودة بالإمكانات التالية :

١ – حامل لكاوية اللحام Iron Holder .

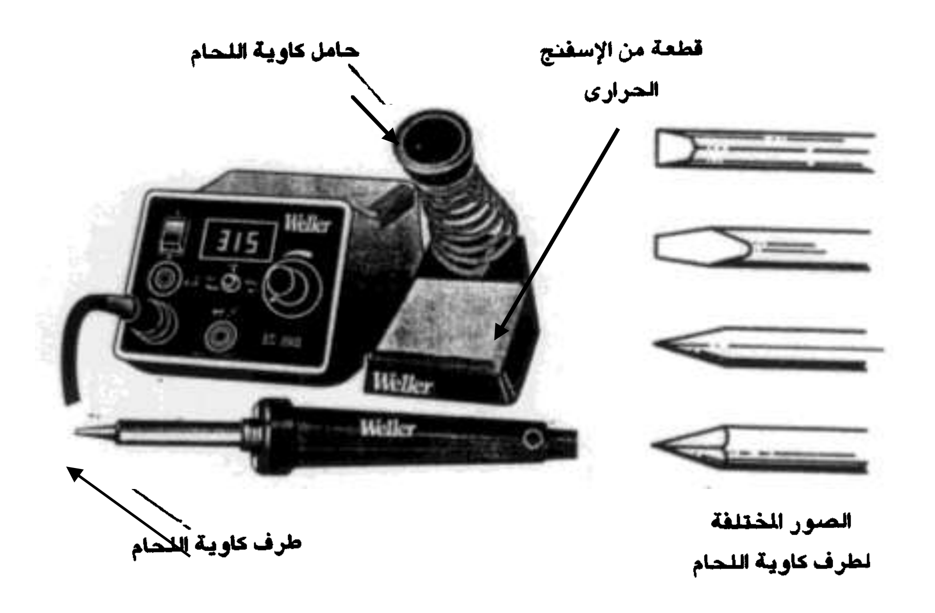
٢ – قطعة من الإسفنج الحرارى لتنظيف كاوية اللحام Tip cleaning sponge .

٣ – وحدة عرض رقمية لعرض درجة الحرارة اللحظية على طرف كاوية اللحام .

٤ – وحدة ضبط درجة حرارة طرف كاوية اللحام Soldering tip .

٥ – مؤرضة لمنع تجمع الشحنات الاستاتيكية على طرف كاوية اللحام، وبالتالى يمكن استخدامها بأمان للحام الدوائر المتكاملة CMOS .

٦ – مزودة ببعض المرفقات مثل أشكال مختلفة لطرف كاوية اللحام، كما هو موضح بالشكل (٨ – ٩) بالإضافة إلى إمكانية تغيير طرف كاوية اللحام بشفاط قصدير لاستبدال العناصر الإلكترونية التالفة .



شكل (٨ – ٩)

وتجرى عملية اللحام على النحو التالى:

فى البداية يجب مسح الوجه النحاسى للدائرة المطبوعة بقطعة مبللة بالكحول لإذابة كل الدهون وبصمات الأصابع والشوائب التى تعيق عملية اللحام، وينصح بصنفرة أطراف المقاومات والترانزستورات المؤكسدة نتيجة للتقادم. ثم يوصل التيار الكهربى بمحطة اللحام، وعادة يتم ضبط درجة الحرارة عند 250°C، علماً بأن درجة الحرارة يجب رفعها كلما زادت قدرة العنصر المراد لحامه. ويجب خفضها إلى 100°C عند اللحام المباشر للدوائر المتكاملة.

وبعد ذلك يتم تنظيف طرف كاوية اللحام بقطعة الإسفنج المزودة مع كاوية اللحام، علماً بأنه إذا لم يتم تنظيف طرف كاوية اللحام عند كل مرة لحام فإن ذلك يقلل من إمكانية الحصول على لحام جيد.

بعد ذلك يوضع طرف كاوية اللحام على الوصلة المراد لحامها لرفع درجة حرارتها لتكون مهيأة لاستقبال القصدير المنصهر الناتج عن تلامس سلك القصدير مع طرف كاوية اللحام.

وبعد التأكد من انصهار القصدير حول الوصلة نرفع طرف كاوية اللحام عن الوصلة.

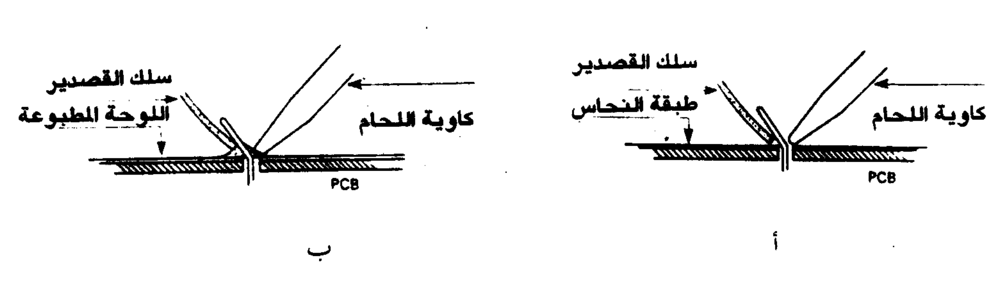
والجدير بالذكر أنه إذا كانت درجة حرارة طرف كاوية اللحام غير كافية فإن نقطة اللحام تكون ذات لون رمادى غامق ومفتتة وعلى شكل كرة، وهذه مواصفات نقطة اللحام السيئة. فى حين تكون نقطة اللحام ناصعة وعلى شكل جرس صغير عندما تكون جيدة.

والشكل (٨ – ١٠) يبين مراحل لحام العناصر الإلكترونية على الدوائر المطبوعة.

علماً بأنه يجب اختيار طرف كاوية اللحام المناسب تبعاً لمساحة نقطة اللحام المطلوبة، فكلما قلت مساحة نقطة اللحام المطلوبة احتجنا لطرف لحام ببوز مدبب.

وللمحافظة على العناصر شبه الموصلة كالترانزستورات ومنظمات الجهد والدوائر المتكاملة من ارتفاع درجة حرارتها خصوصاً عند استخدام كاويات اللحام العادية،

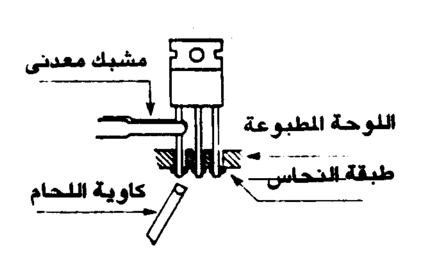
يمكنك عند إجراء عملية اللحام أن تمسك الطرف الذى تجرى عليه اللحام بواسطة زرادية ذات بوز رفيع، حتى لا تتسرب الحرارة للعنصر الإلكترونى، بل تمتص الحرارة الزائدة ويمكن استعمال مشبك معدنى لتأدية نفس الغرض.



شكل (٨ – ١٠)

والجدير بالذكر أن هذه العملية فى غاية الأهمية لأن الحرارة الزائدة إذا لم تسبب تلف العنصر الالكترونى فإنها على الأقل تؤدى لتغيير خواصه.

والشكل (٨ – ١١) يبين طريقة تثبيت منظم جهد مستخدمًا مشبكًا معدنيًا لتشتيت الحرارة الزائدة.



شكل (٨ – ١١)

علمًا بأنه يجب فصل التيار الكهربى عن كاوية اللحام إذا لم تستخدم حتى لا يتأكسد طرفها فلا تستقبل القصدير. ويمكن إزالة طبقة الأكسدة بواسطة صنفرة طرف كاوية اللحام أو مسحها بقطعة مبللة من الإسفنج.

٨ / ٣ / ٦ – طريقة استبدال العناصر الإلكترونية التالفة:

أحيانًا يلزم الأمر نزع بعض العناصر الإلكترونية من اللوحات المطبوعة إذا كانت

تالفة، ويستخدم فى ذلك إما شفاط قصدير يثبت بدلاً من طرف كاوية محطة اللحام، كما سبق ذكره، أو كاوية لحام عادية مع شفاط عادى.

وتتواجد الشفاطات العادية **Solder Suckers** فى صورتين:

الأولى: تشبه قطارة دواء العيون.

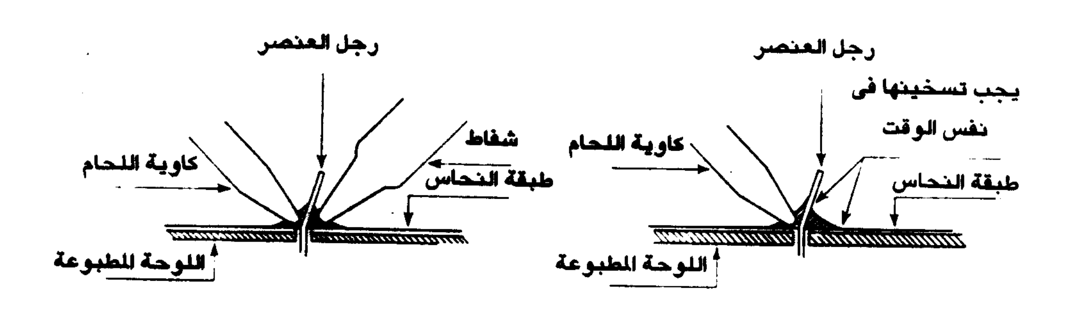
الثانية: تشبه الحقنة المستخدمة فى حقن المرضى.

والشكل (٨ - ١٢) يبين مراحل إزالة نقطة اللحام باستخدام كاوية لحام عادية وشفاط عادى، حيث يوضع طرف كاوية اللحام عند نقطة اللحام، ثم يوضع طرف شفاط القصدير فى الجهة الأخرى للوصلة، مع الضغط على الانتفاخ المطاطى الخاص بالشفاط.

وعند انصهار قصدير نقطة اللحام يتم إزالة الضغط عن الانتفاخ المطاطى للشفاط فينتقل القصدير المنصهر من الوصلة للشفاط، وعند شفط كل قصدير نقطة اللحام نرفع كلاً من كاوية اللحام والشفاط، ثم يعاد الضغط على الانتفاخ المطاطى للشفاط لطرد القصدير الموجود بداخل الشفاط للخارج.

أما عند استخدام محطة لحام لإزالة نقطة لحام يتم استبدال طرف كاوية اللحام بطرف شفاط، ثم يتم ملامسة طرف الشفاط لنقطة اللحام مع الضغط على الانتفاخ المطاطى للشفاط، وعند انصهار قصدير نقطة اللحام بفعل حرارة طرف شفاط محطة اللحام يزال الضغط عن الانتفاخ المطاطى له، فينتقل القصدير المنصهر من الوصلة للشفاط، وعند الانتهاء من شفط كل قصدير نقطة اللحام نرفع طرف شفاط محطة اللحام، ثم نتخلص من القصدير المسحوب داخل الشفاط بالضغط على الانتفاخ المطاطى للشفاط، أى أن شفاط محطة اللحام يعمل ككاوية وشفاط فى نفس الوقت.

وبعد شفط قصدير نقطة اللحام ينزع الإلكترونى بلطف باستخدام سكينة، وإذا شعرت أن العنصر ما زال ملتصقًا باللوحة المطبوعة فيجب إعادة عملية شفط القصدير حتى تصبح عملية نزع العنصر سهلة، وذلك حفاظًا على اللوحة المطبوعة من الكسر.



شكل (٨ – ١٢)

ولاستبدال الدوائر المتكاملة التالفة بأخرى سليمة نتبع الآتى:

١ – نزع الدائرة المتكاملة التالفة بإحدى الطريقتين التاليتين:

أ – نقص أرجل الدائرة المتكاملة بقصافة، ثم ننزع جسم الدائرة المتكاملة، ثم ننزع أرجلها الواحدة تلو الأخرى بتسخين كل رجل بالكاوية وسحب الرجل الساخنة من الجهة الأخرى بواسطة زرادية مدببة، وبعد ذلك يتم سحب القصدير باستخدام الشفاط من أماكن أرجل IC، ثم يتم تنظيف ثقوب اللحام بواسطة صنفرة ناعمة.

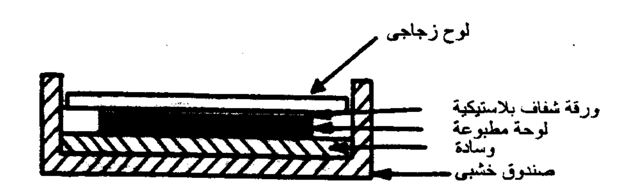
ب – تسخين كل رجل من أرجل الدائرة المتكاملة بكاوية اللحام من ناحية واستخدام الشفاط فى سحب القصدير المنصهر من الجانب الآخر مع مراعاة عدم المبالغة فى التسخين. وبعد إزالة القصدير من على جميع الأرجل IC يتم نزع IC باستخدام وسيلة مناسبة، فإذا كانت الدائرة المتكاملة ما زالت ملتصقة مع اللوحة المطبوعة فيجب الحذر من العنف لئلا تنكسر اللوحة المطبوعة.

٢ – تثبيت الدائرة المتكاملة الجديدة، فبعد نزع الدائرة المتكاملة المثبتة تثبيتًا مباشرًا على اللوحة المطبوعة أى بدون قاعدة تثبيت Socket، يتم تثبيت الدائرة المتكاملة الجديدة بالوضع السليم ويسترشد بالتجويف النصف دائرى الموجود فى أحد جانبى الدائرة المتكاملة، ثم بعد ذلك يتم لحام الدائرة المتكاملة مع عدم الإفراط فى التسخين أثناء اللحام واستخدام كاوية مؤرضة فى حالة لحام دوائر CMOS المتكاملة.

٨ / ٤ - خطوات تنفيذ دائرة إلكترونية بوجه واحد من النحاس الفوتوغرافى :

عادة نتبع نفس الخطوات المتبعة فى الفقرة (٣/٧) عدا ما يلى :

بدلاً من نقل مخطط التوصيل جهة الطبقة النحاس من على الورقة الشفاف إلى وجه لوحة الدائرة المطبوعة النحاس، فإننا ننقل هذا المخطط على ورقة بيضاء باستخدام الرموز والمسارات اللاصقة، ثم نصور المخطط الناتج على ورقة شفاف بلاستيكى Transparent وبعد ذلك توضع هذه الورقة الشفاف التى تحتوى على مخطط التوصيل جهة الوجه النحاسى فى مقابلة لوحة الدائرة المطبوعة ذات الوجه النحاسى الفوتوغرافى داخل صندوق له غطاء زجاجى، كما هو مبين بالشكل (٨- ١٣) وتعريضه لأشعة الشمس لمدة ربع ساعة.



شكل (٨ - ١٣)

والجدير بالذكر أنه فى حالة غياب أشعة الشمس يمكن استخدام مصباح أشعة فوق بنفسجية 300W، وينبغى تعليق المصباح على بعد 40cm فوق الصندوق، مع الحذر من النظر للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من هذا المصباح واستخدام نظارات غامقة لحماية العينين من الأشعة.

وبعد الانتهاء من التعريض تؤخذ اللوحة وتغمر فى محلول هيدروكسيد الصوديوم الذى يعمل كمظهر، ويتم تحضير هذا المحلول بمزج 500 ملى لتر من الماء عند درجة حرارة 20 درجة مئوية مع ملعقة كبيرة من بلورات هيدروكسيد الصوديوم، ويوضع هذا المحلول فى وعاء بلاستيكى، ويجب ارتداء قفازات بلاستيكية أو مطاطية أثناء التعامل مع هذا المحلول. ويجب القيام بعملية التظهير بعد تعريض اللوحة لأشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية مباشرة. مع مراعاة

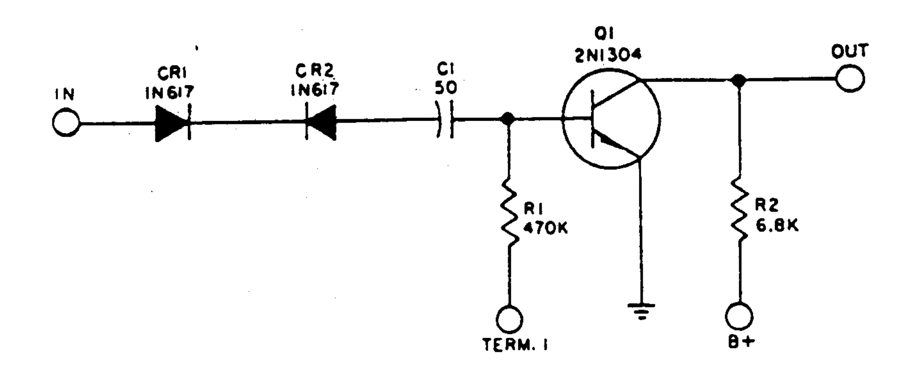
عدم تعريض اللوحة للضوء المنبعث من المصابيح الكهربائية بعد تعرضها لأشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية.

ويجب تحريك اللوحة بلطف أثناء غمرها فى هذا المحلول المظهر، كما يجب ترك اللوحة فى المحلول فترة كافية لإظهار المسارات بوضوح على السطح النحاسى، وتعتمد فترة التظهير على درجة حرارة المحلول المظهر، وتتراوح ما بين 30 إلى 40 ثانية، وبعد الانتهاء من عملية التظهير تظهر صورة مخطط التوصيل جهة الوجه النحاسى واضحة على اللوحة. وبعد ذلك يجب غسل اللوحة بعناية تحت ماء جارٍ، وينصح بعدم حك أو لمس اللوحة تفاديًا لحدوث خدش للسطح النحاسى، وبعد ذلك يتم تحميض اللوحة تمامًا، كما هو الحال فى لوحات الدوائر المطبوعة ذات الوجه النحاس العادى.

والجدير بالذكر أن اللوحة النحاسية الحساسة للضوء لها فترة صلاحية عند تخزينها عند درجة حرارة 20°C تساوى سنة تقريبًا؛ لذلك ينبغى استخدام هذه اللوحات قبل انتهاء فترة صلاحيتها.

٨ / ٥ - تطبيق عملى على تنفيذ اللوحات المطبوعة بوجه نحاس عادى:

يمكن تنفيذ مخطط الدائرة الإلكترونية المبين بالشكل (٨ - ١٤) باستخدام لوحة بوجه واحد من النحاس باتباع الخطوات التالية:



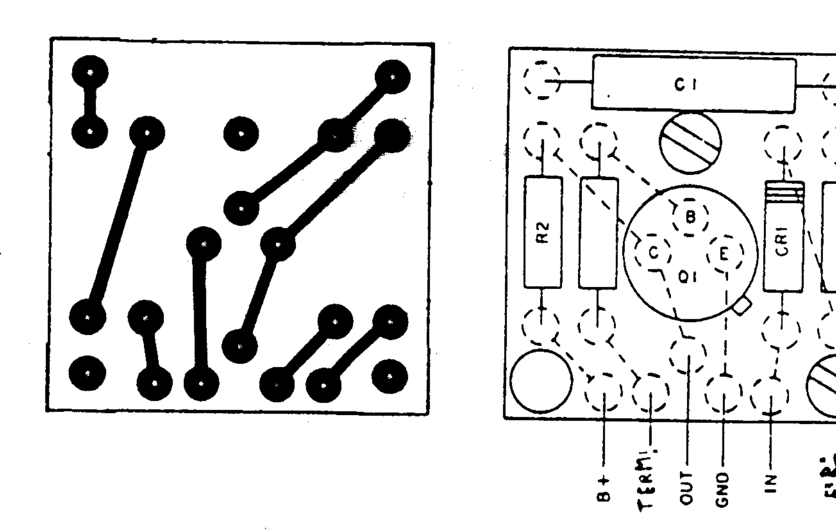
شكل (٨ - ١٤)

١ - استنتاج العناصر الإلكترونية المطلوبة من مخطط الدائرة الإلكترونية ثم توفيرها.

٢ - اختيار أبعاد اللوحة المناسبة تبعًا لحجم العناصر المستخدمة ولتكن (5x 5cm).

٣ - تحديد أبعاد اللوحة المستخدمة على ورقة شفاف، ثم رسم توزيع العناصر الإلكترونية على الورقة الشفاف، كما بالشكل (٨ - ١٥ أ).

٤ - تحديد نقاط التوصيل والمسارات على الوجه النحاسى باستخدام الرموز والمسارات اللاصقة، علمًا بأن مخطط توصيل العناصر جهة الوجه النحاسى يطابق مقلوب المخطط المرسوم على الورقة الشفاف جهة تثبيت العناصر.



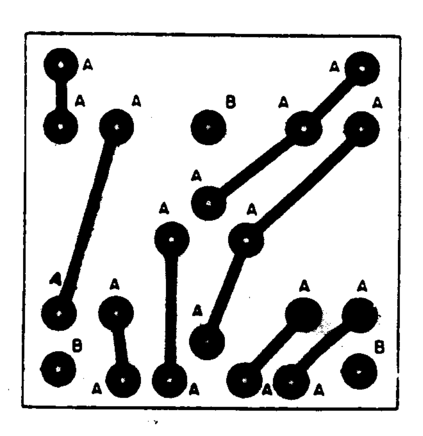
شكل (٨ - ١٥)

٥ - إزالة النحاس الزائد، وذلك بوضع اللوحة المرسومة داخل كيس بلاستيك وإضافة قليل من محلول كلوريد الحديد، ثم يغلق هذا الكيس جيدًا ويوضع فى ماء ساخن لمدة 10 دقائق أو ربع ساعة، حيث يزال النحاس غير المغطى بالرموز والمسارات اللاصقة، وبعد ذلك يتم التقاط اللوحة بواسطة ملقاط خشبى أو بلاستيكى من داخل الكيس، ثم تغسل اللوحة بالماء الجارى لإزالة أثر المحلول من عليها ثم تزال الرموز اللاصقة من على اللوحة.

٦ – تحديد مراكز الثقوب وإجراء عملية الثقب. والشكل (٨ – ١٦) يبين أبعاد البنط المستخدمة.

حيث إن:

A = 0.8 mm B = 2.4 mm



شكل (٨ – ١٦)

٧ – تثبيت العناصر من جهة توزيع العناصر، ثم اللحام من جهة التوصيلات الخلفية (اللوحة النحاسية).

٨ / ٦ – تطبيق عملى على تنفيذ اللوحات المطبوعة بوجهى نحاس:

توصف اللوحات المطبوعة ذات الوجهين بما يلى:

– أكثر تكلفة من اللوحات المطبوعة ذات الوجه الواحد.

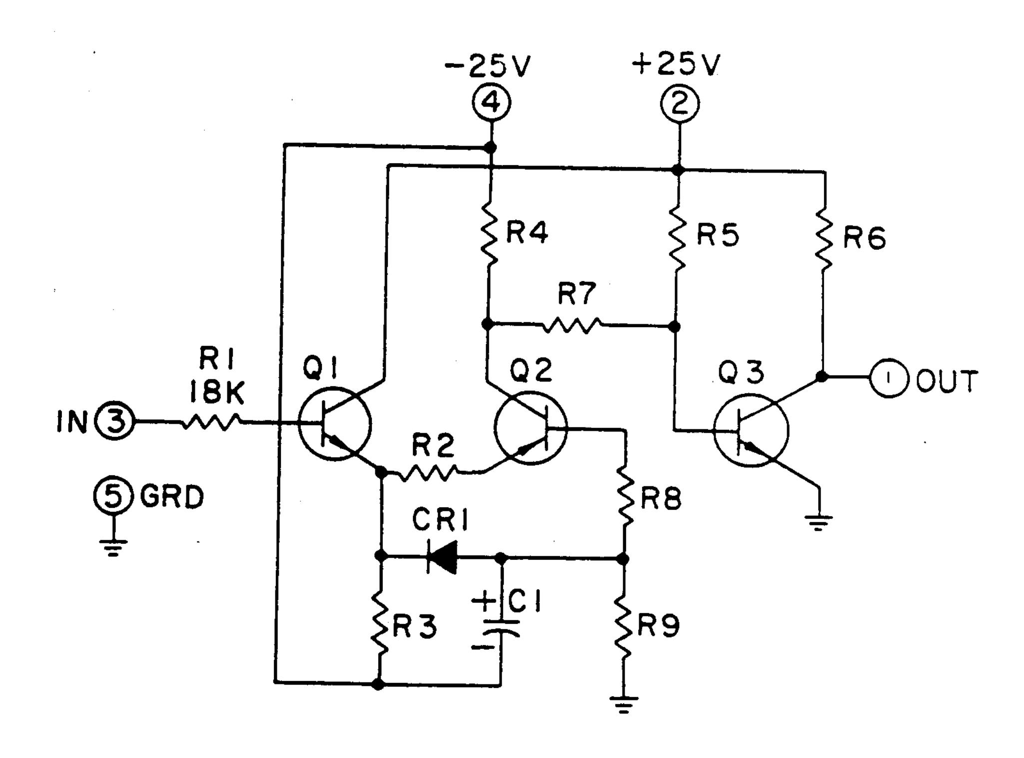
– تستخدم عندما تكون المساحة التى ستوضع فيها اللوحة المطبوعة محددة.

– توزع العناصر فى جانب واحد أو فى جانبى اللوحة.

– تكون مسارات التوصيل على جانبى اللوحة.

– تحتاج لدقة عالية عند التنفيذ.

ويمكن تجهيز لوحة مطبوعة بوجهى نحاس للدائرة الإلكترونية الموضحة بالشكل (٨ – ١٧) باتباع الخطوات التالية:



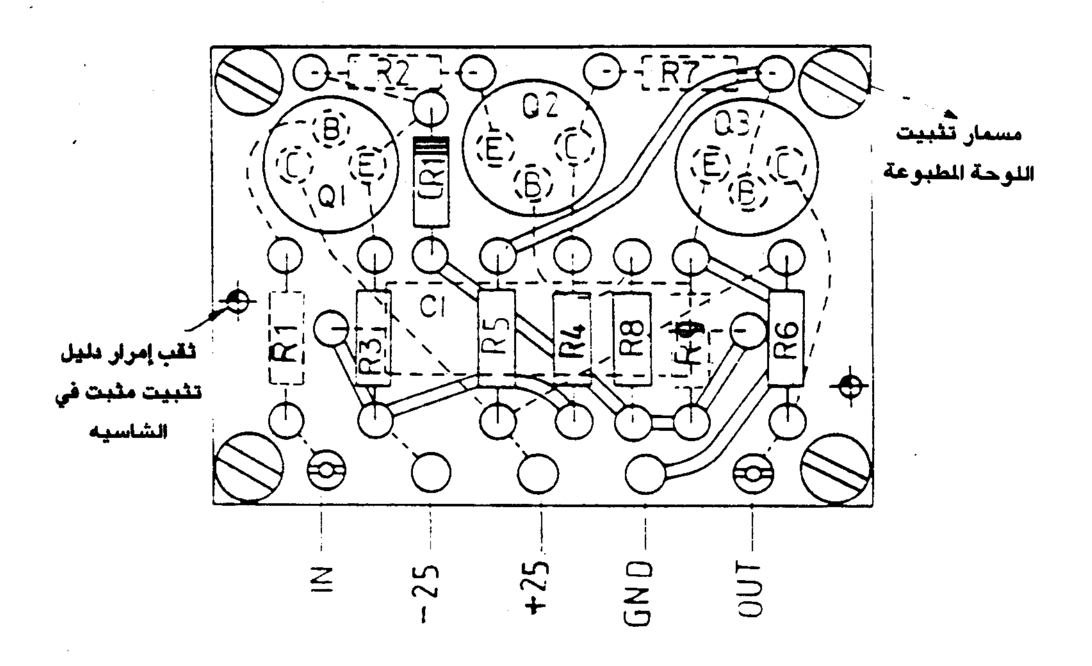
شكل (٨ – ١٧)

١ – توفير العناصر المطلوبة التالية :

$R_1 = 18$ K	$R_5 = 220$ KΩ	$R_9 = 820$ K	$C_1 = 22$ µf, 35V
$R_2 = 12$ K	$R_6 = 8.2$ KΩ	Q_1 = 2N338	CR_1 = 1N 483 A
$R_3 = 6.8$ K	$R_7 = 180$ KΩ	Q_2 = 2N1305	
$R_4 = 220$ K	$R_8 = 33$ KΩ	Q_3 = 2N1304	

٢ – اختيار أبعاد اللوحة المطبوعة بما يتناسب مع العناصر المستخدمة ومكان تثبيت اللوحة، ولتكن أبعاد اللوحة المطبوعة التى سنستخدمها هى (9 x 6.5 Cm) .

٣ – رسم مخطط توزيع العناصر على ورقة شفاف أبعادها داخل إطار أبعاده 9cm x 6.5 cm بحيث إن الرموز المتقطعة تعنى أنها فى الجانب السفلى والخطوط المستمرة تعنى أنها فى الجانب العلوى كما بالشكل (٨ – ١٨) .



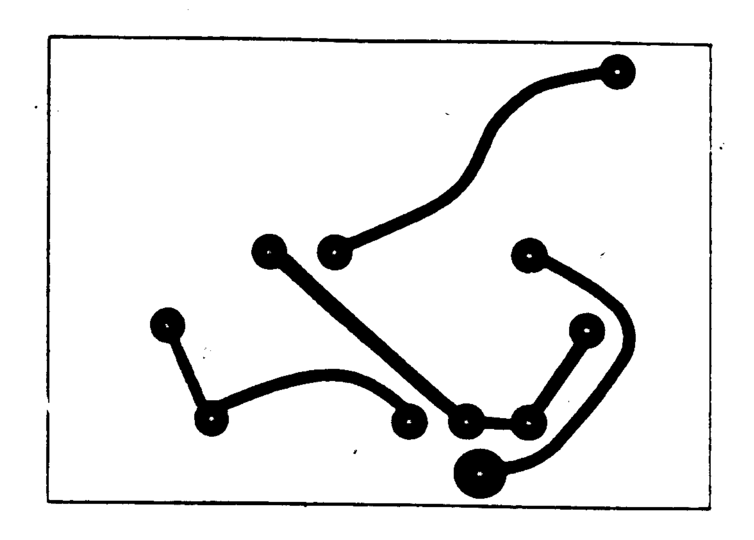
شكل (٨ – ١٨)

٤ – تحديد نقاط التوصيل والمسارات على جانبى اللوحة المطبوعة كما بالشكل (٨ – ١٩).

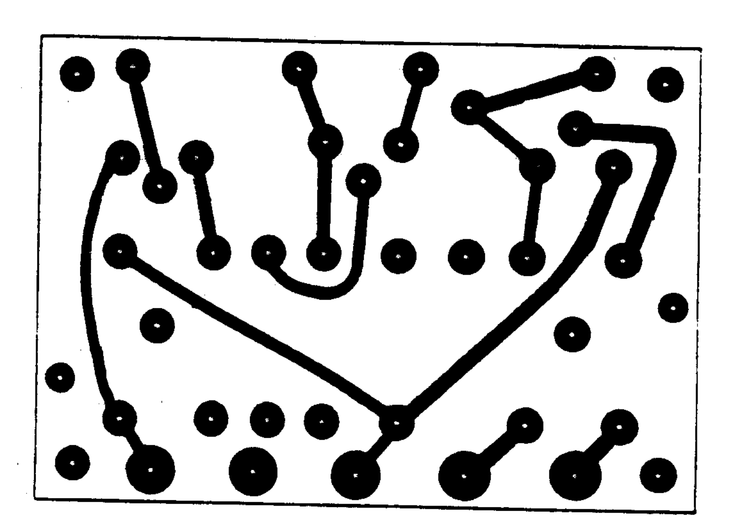
٥ – حفر اللوحة لإزالة النحاس الزائد باستخدام محلول كلوريد الحديد بنفس الطريقة المتبعة فى التطبيق السابق.

٦ – تحديد مراكز الثقوب ثم إجراء الثقب باستخدام بنطة قطرها 0.8 mm لجميع نقاط تثبيت العناصر وقطرها 2.4 mm لنقاط تثبيت اللوحة.

٧ – تثبيت العناصر الإلكترونية من أعلى اللوحة المطبوعة، ثم يتم لحام أرجل العناصر الإلكترونية مع نقاط تثبيتها الواقعة على المسارات الموجودة فى الجانب السفلى من أسفل فقط، فى حين يتم تثبيت أرجل العناصر مع نقاط تثبيتها الواقعة على المسارات الموجودة فى الجانب العلوى من أعلى وأسفل.



الجانب العلوى



الجانب السفلى

شكل (٨ - ١٩)

٨ / ٧ - العدد وأجهزة القياس Tools and Measuring Instruments :

توجد مجموعة من العدد وأجهزة القياس الضرورية اللازمة لإنشاء واختيار الدوائر الإلكترونية وهى كما يلى :

أولاً: قائمة العدد الضرورية:

١ – زرادية ببوز طويل	Long nose cutting plier
٢ – قصافة وقشارة أسلاك	Slant Edge Cutting Nipper
٣ – طقم من المفكات المبططة	Minus Screw Driver Set
٤ – طقم من المفكات المربعة	Cross Screw Driver Set

٥ – طقم من المفكات المسدسة للضبط الدقيق للمقاومات المتغيرة والمكثفات الصغيرة trmming.

٦ – مثقاب يدوى صغير Hand Drill مزود بالبنط (الريش) مقاسات (0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.2 mm).

٧ – كاوية لحام Soldering Iron من النوع الذى يمكن التحكم فى درجة حرارته أو من النوع العادى قدرته (25W أو 15).

٨ – شفاط لحام Solder Suckers، ويستخدم لإزالة النقاط غير المرغوب فيها أو نزع العناصر التالفة. ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (٨/٣/٦).

ثانياً: قائمة العدد الإضافية:

١ – طقم مفك ساعاتى.

٢ – طقم مبارد صغيرة	Small File set

٣ – منجلة (ملزمة) Bench Vise صغيرة تثبت على المنضدة.

٤ – طقم ملاقط دقيقة	Precision Twee Zers
٥ – مثقاب بمنضدة	Drill Stands
٦ – عدسة تكبير بيد	Magnifying Lens with Handle
٧ – سكينة دقيقة	Precision Knife
٨ – منشار يدوى	Hack Saw
٩ – مطرقة	Hammer

١٠ – زنبة علام.

١١ – شريط قياسى Tape Measurement طوله متران.

ثالثًا : أجهزة القياس الضرورية :

١ – جهاز آفوميتر (رقمى أو تناظرى دقيق) Avometer ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (١ / ١٤).

٢ – أوسيلوسكوب بقناتين 2 Channel Oscilloscope ولمزيد من التفاصيل ارجع للفقرة (١ / ١٥).

٣ – مجس منطقى Logic probe، ويستخدم فى تحديد الحالة المنطقية للدوائر الرقمية منخفض – عالٍ.

٤ – نابض منطقى (حاقن نبضات) Pulser، ويستخدم لحقن الدوائر الرقمية بالنبضات لاختبارها.

٥ – كاشف مسار تيار Current Tracer، ويستخدم فى تتبع مسار التيار فى الدوائر الرقمية.

٦ – مصدر قدرة مستمر يمكن تعديل خرجه.

رابعًا : أجهزة القياس الإضافية :

١ – محلل منطقى Logic Analayser ويكون له عدد كبير من القنوات. ويستخدم لعرض عدد يصل إلى ثمانى نبضات رقمية فى آن واحد، ويستخدم فى إصلاح الدوائر الرقمية واختبارها.

٢ – جهاز قياس تردد رقمى Digital freguency Counter.

٣ – مولد دوال Frequency Generator (ارجع للفقرة (١ / ١٦).

٤ – جهاز اختبار ترانزستور Transistor checker.

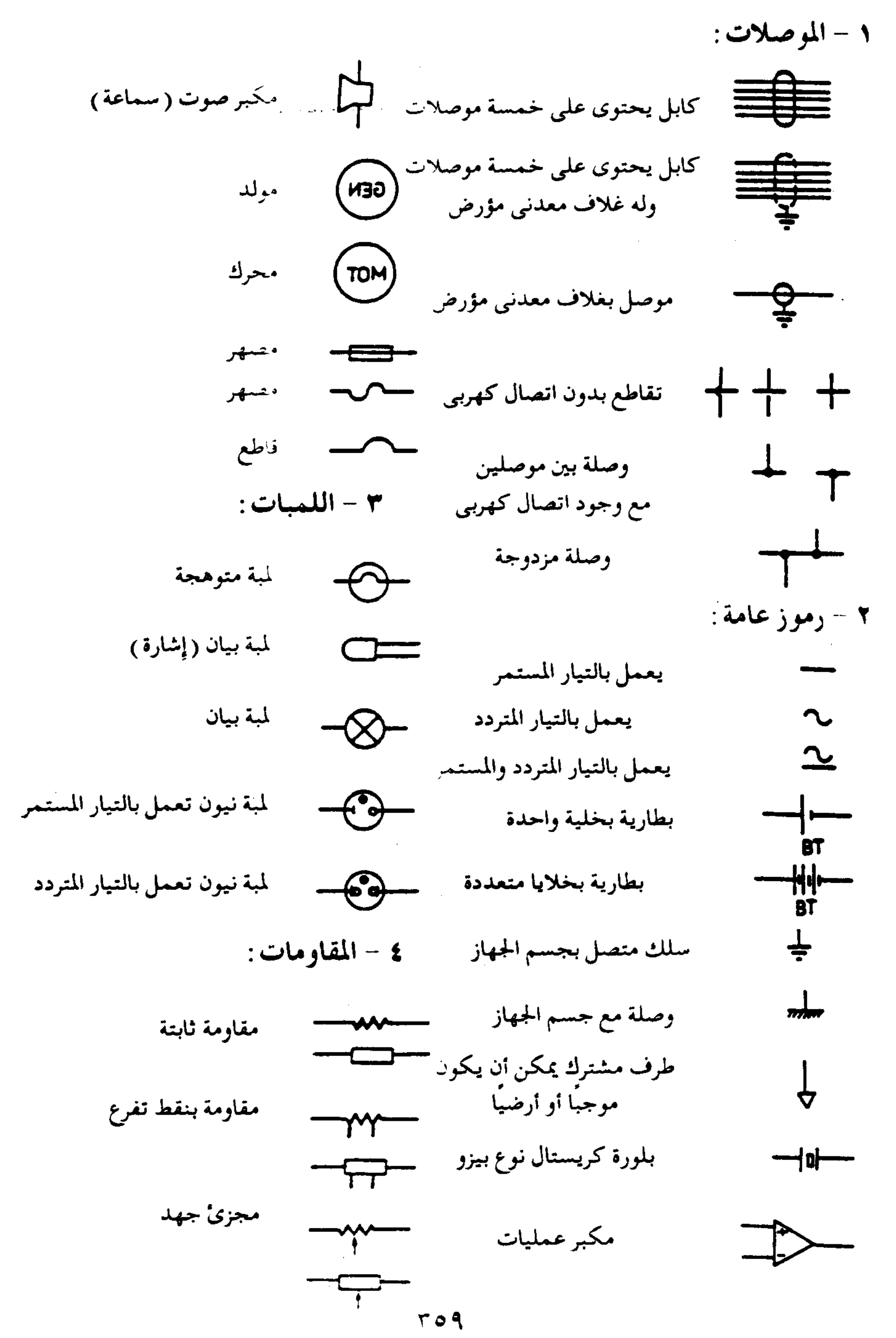
٥ – جهاز اختبار ملف ومكثف ومقاومة.

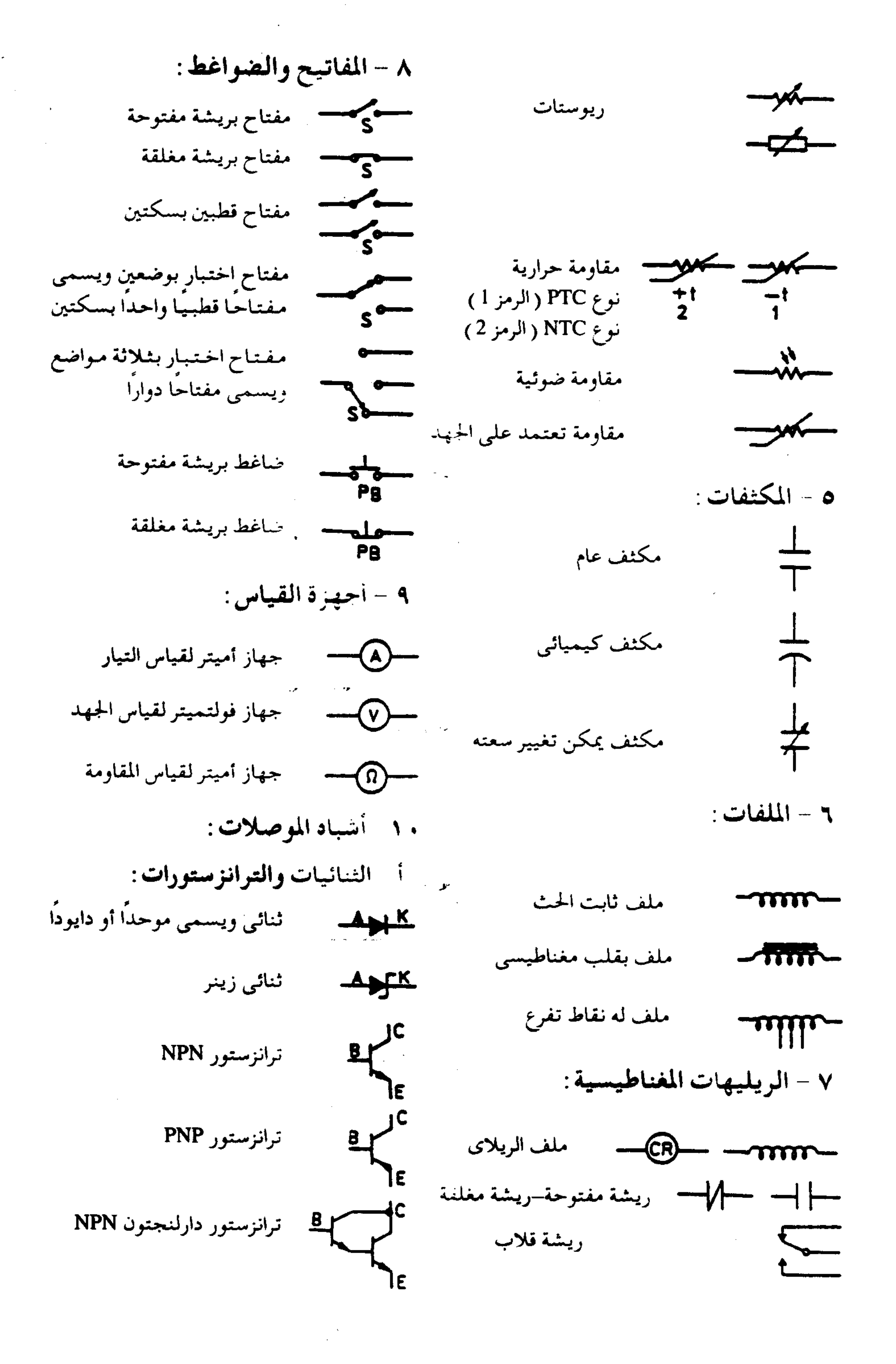


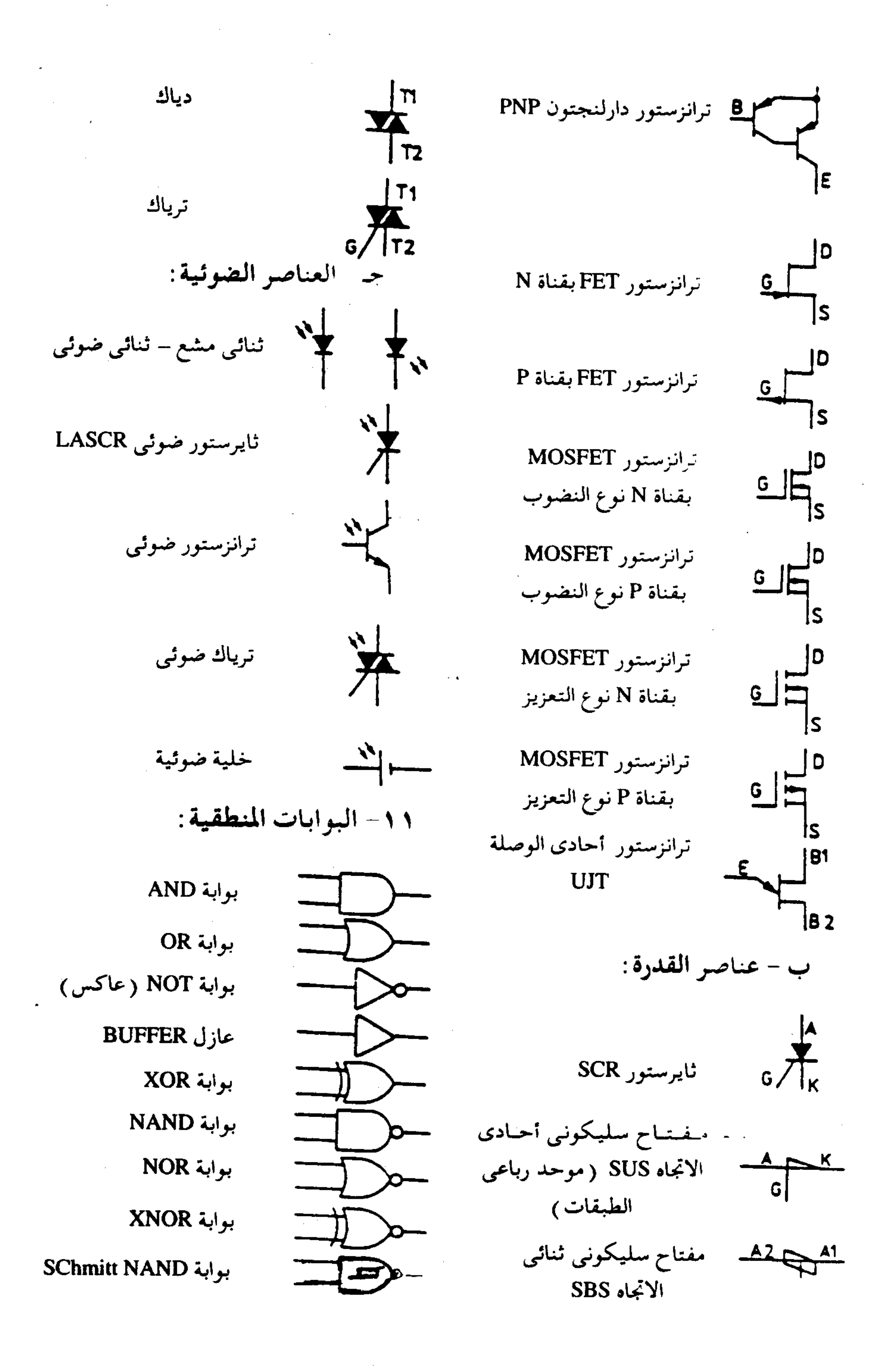
الملاحق

ملحق رقم (١)

الرموز الالكترونية المستخدمة تبعًا للنظام الأمريكى (ANSI)




ريوستات
مقاومة حرارية
نوع PTC (الرمز 1)
نوع NTC (الرمز 2)
+t
2
-t
1
مقاومة ضوئية
مقاومة تعتمد على الجهد
٥ - المكثفات :
مكثف عام
مكثف كيميائى
مكثف يمكن تغيير سعته
٦ - الملفات :
ملف ثابت الحث
ملف بقلب مغناطيسى
ملف له نقاط تفرع
٧ - الريليهات المغناطيسية :
ملف الريلاى
CR
ريشة مفتوحة–ريشة مغلقة
ريشة قلاب
٨ - المفاتيح والضواغط :
مفتاح بريشة مفتوحة
مفتاح بريشة مغلقة
مفتاح قطبين بسكتين
مفتاح اختبار بوضعين ويسمى مفتاحًا قطبيًا واحدًا بسكتين
مفتاح اختبار بثلاثة مواضع ويسمى مفتاحًا دوارًا
S
ضاغط بريشة مفتوحة
ضاغط بريشة مغلقة
PB
٩ - أجهزة القياس :
جهاز أميتر لقياس التيار
A
جهاز فولتميتر لقياس الجهد
V
جهاز أميتر لقياس المقاومة
Ω
١٠ أشباه الموصلات :
أ الثنائيات والترانزستورات :
ثنائى ويسمى موحدًا أو دايودًا
A
K
ثنائى زينر
ترانزستور NPN
ترانزستور PNP
ترانزستور دارلنجتون NPN
B
C
E



ترانزستور دارلنجتون PNP
B
E
ترانزستور FET بقناة N
G
D
S
ترانزستور FET بقناة P
ترانزستور MOSFET
بقناة N نوع النضوب
ترانزستور MOSFET
بقناة P نوع النضوب
ترانزستور MOSFET
بقناة N نوع التعزيز
ترانزستور MOSFET
بقناة P نوع التعزيز
ترانزستور أحادى الوصلة
UJT
E
B1
B 2
ب - عناصر القدرة :
ثايرستور SCR
A
G
K
مفتاح سليكونى أحادى
الاتجاه SUS (موحد رباعى
الطبقات)
مفتاح سليكونى ثنائى
الاتجاه SBS
A2
A1
دياك
T1
T2
ترياك
جـ العناصر الضوئية :
ثنائى مشع - ثنائى ضوئى
ثايرستور ضوئى LASCR
ترانزستور ضوئى
ترياك ضوئى
خلية ضوئية
١١- البوابات المنطقية :
بوابة AND
بوابة OR
بوابة NOT (عاكس)
عازل BUFFER
بوابة XOR
بوابة NAND
بوابة NOR
بوابة XNOR
بوابة SChmitt NAND

ملحق رقم (٢)

قاموس المصطلحات الإلكترونية (إنجليزى - عربى)

(A)

Active filter	مرشح فعال
Active high	فعال عند المستوى العالى
Active Low	فعال عند المستوى المنخفض
Alternating current (Ac)	تيار متردد
Alternator	مولد تيار متردد
Amplifier	مكبر
Amplitude	سعة
Analog Signal	إشارة تماثلية (تناظرية)
Analog- to- Digital Converter	محول من تماثلى لرقمى
Analog Avometer	آفوميتر بمؤشر
AND gate	بوابة و
Anode	مصعد
Astable Oscillator	مذبذب غير مستقر
Asynchronous	غير متزامن
Average Value	قيمة متوسطة
Axial type	النوع المحورى

(B)

Band width (BW)	عرض النطاق الترددى
Base	قاعدة

Bias	انحياز
Binary number	عدد ثنائى
Binary system	نظام ثنائى
Bipolar Transistor	ترانزستور ثنائى القطبية
Breakdown voltage	جهد انهيار
Breakover voltage	جهد الانهيار الفوقى
Buffer	عازل
Push button	ضاغط

(C)

Can type	النوع المعلب (يشبه العلبة)
Capacitance	سعة
Capacitor	مكثف
Cathode	مهبط
Carry	الباقى
Charging	شحن
Clamp Avometer	آفوميتر بكماشة
Clearing input	مدخل المسح
Clipping	قص
Clock pulses	نبضات ساعة
Code	شفرة
Collector	مجمع
Comparator	مقارن

Commutation	إطفاء
Counter	عداد
Crystal Controlled oscillator	مذبذب بلورى (كريستال)
Cut off region	منطقة قطع
Current	تيار
Curve	منحنى

(D)

Darlington Circuit	دائرة دار لنجتون
Data word	كلمة بيانات
Decade Counter	عداد عشرى
Decoder	مفسر شفرة
D-flip flop	قلاب D
De multiplexer (DMUX)	مفرق
Depletion Mosfet	ترانزستور MOSFET نوع النضوب
Diac	دياك
Digital signal	إشارة رقمية
Digital Avometer	آفوميتر رقمى
Differentiator	مفاضل
Diode	ثنائى (موحد)
Direct current (DC)	تيار مستمر
Display	عرض
Down Counter	عداد تنازلى

Driver	مشغل
Drain	المصرف
DIL- IC	دائرة متكاملة بصفين من الأرجل

(E)

Electrolytic Capacitor	مكثف كيميائى
Emitter	باعث
Enable Input	باعث تمكين
Encoder	مشفر
Enhancement Mosfet	ترانزستور Mosfet نوع التعزيز
Exclusive NOR Gate (EXNOR)	بوابة نفى أو المنفردة
Exclusive OR Gate (EXOR)	بوابة أو المنفردة

(F)

Fan- in	عدد المداخل
Fan- out	عدد المخارج
Feed back	تغذية مرتجعة (عكسية)
FET	ترانزستور تأثير المجال
Filter	مرشح
Fins	زعانف
Flip flops (FF)	قلاب
Floating Inputs	مداخل عائمة
Forward bias	انحياز أمامى
Frequency	تردد

Frequency Divider	مقسم تردد
Function	وظيفة
Function Generator	مولد الإشارات الأساسية
Function table	جدول الوظيفة
Fuse	مصهر

(H)

Harmonics	توافقيات
Heat sink	مبدد حرارة (مشتت حرارة)
Hexadecimal	سداسى عشر
Hex. Inverter IC	دائرة متكاملة بستة عواكس
High	المستوى العالى

(I)

Impedance	معاوقة
Inductance	حث
Integrator	مكامل
Inverter	عاكس
I GFET	ترانزستور تأثير المجال ذات البوابة المعزولة
Integrated Circuit (IC)	دائرة متكاملة

(J)

J-K flip flop	قلاب J-K
JFET	ترانزستور تأثير المجال الالتصاقى

(K)

Key board	لوحة مفاتيح

(L)

LAD	ثنائى حساس للضوء
Latches IC	دوائر إمساك
LDR	مقاومة ضوئية
Leakage Current	تيار تسرب
Leading edge	الحافة الأمامية
LED	ثنائى مشع للضوء
Linear	خطى
Load	حمل
Logic	منطقى
Logic Circuit	دائرة منطقية
Logical high	المستوى المنطقى العالى
Logical Low	المستوى المنطقى المنخفض
Loop	مسار مغلق
LSB	الرقم الثنائى الأقل رتبة

(M)

Maximum value	قيمة قصوى
Memory	ذاكرة
Memory Adress	عنوان الذاكرة
Memory enable input	مدخل تمكين الذاكرة

MOSFET	ترانزستور أوكسيد المعدن شبه الموصل
Minimum Value	قيمة صغرى
Modulation	تضمين
Monstable oscillator	مذبذب أحادى الاستقرار
MSB	الرقم الثنائى الأقصى أهمية
Multiplexer (MUX)	مجمع
Multivibrator (MV)	مذبذب

(N)

NAND gate	بوابة نفى و
Negative edge	الحافة السالبة
Node	نقطة تفرع
NOR gate	بوابة نفى أو
NOT gate	بوابة النفى

(O)

Octal	ثمانى
Offset null	إزالة الحيود
Open circuit	دائرة مفتوحة
Operational amplifier	مكبر عمليات
Oscilloscope	أوسيلو سكوب
Output	مخرج

(P)

PAM	التضمين بنبضات متغيرة السعة

Parallel	توازى
Parallel inputs	مداخل توازى
Parallel ouputs	مخارج توازى
PAM	التضمين بنبضات متغيرة السعة
Passive filter	مرشح غير فعال
PCB	لوحة دائرة مطبوعة
Peak Value	القيمة القصوى (العظمى)
Peak to peak value	قيمة القمة للقمة
Period	فترة
Periodic time	الزمن الدورى
Phase angle	اختلاف الوجه
Photo coupled isolator	وحدة عزل ضوئية
Potentiometer	مجزئ جهد
Positive edje	الحافة الموجبة (الصاعدة)
Power Dissipation	تشتيت القدرة
Power supply	مصدر القدرة
Primary	ابتدائى
PROM	ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة
Propagation	انتشار
Pulse	نبضة
Pull- up resistor	مقاومة جذب الخرج
PUT	ترانزستور أحادى الوصلة مبرمج

PWM	التضمين بنبضات متغيرة العرض

(R)

Radial type	نوع نصف قطرى
Range	مدى
Rectification circuit	دائرة توحيد
Reference	أساس (مرجع)
Rheostat	مقاومة متغيرة
Relay	ريلاى
Relaxation oscillator	مذبذب متراخى
R-S flipflop	قلاب إمساك وتحرير
Resistance	مقاومة
Response	استجابة
Reverse - biased	متحاز عكسيًا
Rise time	زمن الصعود
RMS	القيمة الفعالة
ROM	ذاكرة القراءة فقط
Rotary switch	مفتاح دوار

(S)

Samples	فترات متساوية
Saturation region	منطقة تشبع
SBS	المفتاح السليكونى الثنائى الاتجاه
Secondary	ثانوى

Semi Conductor	شبه موصل
Series	توالى
Serial data input	مدخل بيانات متتالية
Serial in	بيانات
Serial out	مخرج بيانات
Servo motor	محرك مؤازر
Seven - segment display	وحدة عرض بسبع شرائح
Shift register	مسجل إزاحة
Short circuit	دائرة قصر
Signal	إشارة
Sinusoidal	جيبى
Stability	استقرار
Solar Cell	خلية شمسية
Source	مصدر
Strobe	تمكين
SUS	مفتاح سليكونى أحادى الاتجاه
Switch debouncing	إزالة ارتداد المفاتيح
synchronous	متزامن
system	نظام

(T)

Tapped resistors	مقاومات بنقاط تفرع
Temperature	درجة حرارة

Terminal	طرف
Thermistor	مقاومة حرارية
Threshold	عتبة
Thyristor (SCR)	ثايرستور
Time Lag	تأخير زمنى
Time Constant	ثابت الزمن
Timing	توقيت
Timing diagram	المخطط الزمنى
Toggle	تبادلى
Tolerance	تفاوت
Trailing edge	الحافة الخلفية
Transformer	محول
Transient	عابر
Triac	ترياك
Trigger	إشعال
Trouble shooting	اكتشاف الأعطال
Truth table	جدول الحقيقة
Turn off	فصل - قطع

(U)

UJT	ترانزستور أحادى الوصلة
universal gate	بوابة عامة
up/ down Counter	عداد تصاعدى تنازلى

(V)

Voltage	جهد
Voltage gain	كسب الجهد
Voltage reference	جهد المرجع (الأساسى)
Voltage regulator	منظم جهد

(W)

Wave form	شكل موجى
Word	كلمة

(Z)

Zener diode	ثنائى زينر

المراجـع

Refrences

1 - Miltonkdufman Arthurh. Seidman, ed. 1988. Hand book of Electronics (Calculations For Engineer And Technicians). New york. Mc Graw - Hill.

2 - V.K. Mehta, ed. 1980. Principles of Electronics. New Delhi. S.chand & Company Ltd.

3 - Mike Tooley BA, ed. 1990. Every day Electronics Data Book. New Delhi. BPB Book Centre.

4 - Johne. Lackey, Jerryl. Massey, ed. 1986. Solid State Electronics. New york. CBS College Publishing.

5 - Timothy J. Maloney, ed. 1986. Industrial solid-state Electonics Devices and Systems. New Jersey Prentice - Hall, Inc., Englewood cliffs.

6 - Paul Horowit J, win field Hill, ed. 1980. The Art of Electronics. London. New york. Cambridge university press.

7 - James T.Humpheries, Leslie P.Sheets, ed. 1983. Industrial Electronics- California. Breton Publishers.

8 - Fredrick W.Hughes, ed. 1984. Basic electronics Theory and Exper imentation. New Jersey. Prentics- Hall, Inc., Englewood cliffs.

9 - R.M.Marston, ed. 1990. Power Control Circiut Manual. Oxford. Heinemann Professional publishing ltd.

10 - M.Morris Mano, ed. 1984. Digital design. New Jersey. Prentice-Hall, Inc., Eng Lwood cliffs.

11 - David L.Wagner, ed, 1988. Digital Electronics San Diego. Har court Brace Javonovich, Publishers.

12 - Ronald A. Reis, ed. 1991. Digital Electronics. Throngh Project Analysis. New york. Macmill am Publishing Company.

13 - Boy dlarson, ed. 1983. Power Coitrol electroaics New Jersey. Prentice- Hall, Inc., Eng lewood cliffs.

14 - Te xas Instruments In corporated, ed. 1973.The TTL Data Book for Design Engineers. USA.

15 - Fairchila Camera and Instrument Corporation, ed. 1978. TTL Data Book. USA.

16 - RS Components Ltd, ed. 1992. RS Catalogue. London.